

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2003年 6月19日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2003-175235

[ ST.10/C ]:

[ JP2003-175235 ]

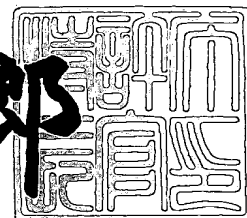
出 願 人  
Applicant(s):

株式会社村田製作所

2003年 7月 3日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3052843

【書類名】 特許願

【整理番号】 31-1352P

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H03H 3/04

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田  
製作所内

【氏名】 後藤 義彦

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田  
製作所内

【氏名】 山田 一

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田  
製作所内

【氏名】 野村 忠志

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田  
製作所内

【氏名】 竹内 雅樹

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社 村田製作所

【代理人】

【識別番号】 100086737

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡田 和秀

【電話番号】 06-6376-0857

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-213773

【出願日】 平成14年 7月23日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007401

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004880

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電フィルタ、デュプレクサ、複合圧電共振器および通信装置、並びに、圧電フィルタの周波数調整方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、  
所定の圧電共振子の上部電極が、他の圧電共振子の上部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 2】 基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、  
所定の圧電共振子の上部電極の上に、残余の圧電共振子の上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の圧電フィルタにおいて、  
前記複数の圧電共振子の上部電極は同じ材料からなることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 4】 基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、  
複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されていることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の圧電フィルタにおいて、前記圧電薄膜が  $ZnO$  もしくは  $AlN$  を主成分とすることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の圧電フィルタにおいて、  
前記基板は開口部もしくは凹部を有し、前記開口部もしくは凹部上に前記振動

部が形成されていることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 7】 圧電性基板と、前記圧電性基板を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、

所定の圧電共振子の上部電極が、他の圧電共振子の上部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 8】 圧電性基板と、前記圧電性基板を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、

所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 9】 請求項 7 または 8 に記載の圧電フィルタにおいて、

前記複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されていることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 10】 請求項 7 または 8 に記載の圧電フィルタにおいて、

前記複数の圧電共振子の少なくとも一つの下部電極が、他の圧電共振子の下部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 11】 請求項 7 または 8 に記載の圧電フィルタにおいて、

前記複数の圧電共振子の少なくとも一つの下部電極上に、他の圧電共振子の下部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 12】 請求項 7 または 8 に記載の圧電フィルタにおいて、

前記複数の圧電共振子の少なくとも一部の下部電極が共通化されていることを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 13】 圧電共振子をラダー構成にしていることを特徴とする請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の圧電フィルタ。

【請求項 14】 請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の圧電フィルタを用いて

いることを特徴とするデュプレクサ。

【請求項 15】 基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える複合圧電共振器において、

所定の圧電共振子の上部電極が、他の圧電共振子の上部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなることを特徴とする複合圧電共振器。

【請求項 16】 基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える複合圧電共振器において、

複数の圧電共振子の上部電極は同じ材料からなり、且つ、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることを特徴とする複合圧電共振器。

【請求項 17】 基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える複合圧電共振器において、

複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されていることを特徴とする複合圧電共振器。

【請求項 18】 請求項 15 ないし 17 のいずれかに記載の複合圧電共振器において、前記圧電薄膜が  $ZnO$  もしくは  $AlN$  を主成分とすることを特徴とする複合圧電共振器。

【請求項 19】 請求項 15 ないし 18 のいずれかに記載の複合圧電共振器において、

前記基板は開口部もしくは凹部を有し、前記開口部もしくは凹部上に前記振動部が形成されていることを特徴とする複合圧電共振器。

【請求項 20】 請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の圧電フィルタ、請求項

1 4 に記載のデュプレクサ、又は、請求項 1 5 ないし 1 9 のいずれかに記載の複合圧電共振器を用いていることを特徴とする通信装置。

【請求項 2 1】 基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備え、所定の圧電共振子の上部電極が、他の圧電共振子の上部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなる圧電フィルタの周波数調整方法において、

前記所定の圧電共振子の上部電極をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする圧電フィルタの周波数調整方法。

【請求項 2 2】 基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備え、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されている圧電フィルタの周波数調整方法において、

前記付加膜をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする圧電フィルタの周波数調整方法。

【請求項 2 3】 基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備え、前記複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されている圧電フィルタの周波数調整方法において、

前記付加電極をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする圧電フィルタの周波数調整方法。

【請求項 2 4】 請求項 2 1 ないし 2 3 のいずれかに記載の圧電フィルタの周波数調整方法において、

前記基板は開口部を有し、前記開口部上に前記振動部が形成されており、前記開口部から前記振動部に対して、膜付加もしくはエッチングにより、前記複数の圧電共振子の周波数調整をさらに行うことを特徴とする圧電フィルタの周波数調

整方法。

【請求項 2 5】 圧電性基板と、前記圧電性基板を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備え、所定の圧電共振子の上部電極が、他の圧電共振子の上部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなる圧電フィルタの周波数調製方法において、

前記所定の圧電共振子の上部電極をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする圧電フィルタの周波数調整方法。

【請求項 2 6】 圧電性基板と、前記圧電性基板を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備え、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されている圧電フィルタの周波数調整方法において、

前記付加膜をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする圧電フィルタの周波数調整方法。

【請求項 2 7】 請求項 2 5 または 2 6 に記載の圧電フィルタの周波数調整方法において、

前記複数の圧電共振子の少なくとも一つの下部電極が、他の圧電共振子の下部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなる下部電極をエッチングすることによって圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする圧電共振子の周波数調整方法。

【請求項 2 8】 請求項 2 5 または 2 6 に記載の圧電フィルタの周波数調整方法において、

前記複数の圧電共振子の少なくとも一つの下部電極上に、他の圧電共振子の下部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されており、前記上部電極の周波数調整を行った後、前記下部電極の付加膜をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする圧電フィルタの周波数調整方法。

【請求項 2 9】 請求項 2 5 または 2 6 に記載の圧電フィルタの周波数調整方法において、

前記複数の圧電共振子の少なくとも一部の下部電極が共通化されており、前記



上部電極の周波数調整を行った後、前記下部電極をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする圧電フィルタの周波数調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧電フィルタ及び圧電フィルタを用いたデュプレクサ、複合圧電共振器、通信装置、並び、圧電フィルタの周波数調整方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

厚み縦振動などエネルギー閉じ込め型の圧電共振子を振動部として複数有する圧電フィルタがある。このような圧電フィルタでは、一般に、各振動部それぞれの厚み調整によって、フィルタリング動作をする周波数帯が決められる。

【0003】

その厚み調整には次の3方法が知られる。①フォトリソグラフィーを用いて必要な電極以外がレジストで覆われることで各振動部の電極に選択的に膜厚が増すように蒸着やスパッタリングにより膜付加される方法、②イオンビームの軌道制御が行われることによって、電極などの膜厚を減じるようにエッチングが行われる方法（特許文献1参照）、③レーザを用いて電極に微細穴を多数形成して周波数調整が実施される方法（特許文献2参照）である。

【0004】

【特許文献1】

特開2001-196882号公報

【特許文献2】

特開平10-154916号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

前記①の場合、一般的な成膜装置による成膜の膜厚精度が±1%程度しかない。この場合、狙いの周波数に対し±1%程度ばらつくだけでなく、例えばラダー

フィルタを構成する直列共振子と並列共振子それぞれの共振周波数の間隔は、フィルタを作製する同一ウェハにおいて、所望の設定に対して、±1%程度ばらつくことになる。

## 【0006】

前記②、③の場合、各素子個別で周波数調整することしかできない。このため、各素子ごとに個別に周波数特性を測定しながら調整することが可能であり、高精度な調整を行うことができるものの、その調整の工数が非常に多く必要とされるので、作業効率が悪い。

## 【0007】

本発明は、上記実状に鑑みてなされたものであって、周波数調整の精度を高めるとともに、その調整作業の効率性向上を図ることのできる圧電フィルタ等を提供することを解決課題としている。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

本発明に係る第1の圧電フィルタは、基板と、前記基板に形成されている、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、所定の圧電共振子の上部電極が、他の圧電共振子の上部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなることを特徴とする。

## 【0009】

本発明に係る第1の圧電フィルタによれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、所定の圧電共振子の上部電極と他の圧電共振子の上部電極とにおいてエッチングの難易度が異なっていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各振動部に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。特に、基板の裏面に開口部を有する構成の場合、裏面から振動部を薄くするよう削ったり、あるいは裏面において振動に膜を付加することで、圧電フィルタ全体としての周波数調整もできる

## 【 0 0 1 0 】

本発明に係る第2の圧電フィルタは、基板と、前記基板に形成されている、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、所定の圧電共振子の上部電極の上に、残余の圧電共振子の上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることを特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

なお、複数の圧電共振子の上部電極は同じ材料からなることが好ましい。

## 【 0 0 1 2 】

本発明に係る第2の圧電フィルタによれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各振動部に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。特に、基板の裏面に開口部を有する構成の場合、裏面から振動部を薄くするよう削ったり、あるいは裏面において振動に膜を付加することで、圧電フィルタ全体としての周波数調整もできる。

## 【 0 0 1 3 】

本発明に係る第3の圧電フィルタは、基板と、前記基板に形成されている、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、

複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されていることを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

本発明に係る第3の圧電フィルタによれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各振動部に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。特に、基板の裏面に開口部を有する構成の場合、裏面から振動部を薄くするよう削ったり、あるいは裏面において振動に膜を付加することで、圧電フィルタ全体としての周波数調整もできる。

## 【 0 0 1 5 】

本発明に係る第1ないし第3のいずれかの圧電フィルタは、好ましくは、前記圧電薄膜がZnOもしくはAlNを主成分とする。

## 【 0 0 1 6 】

本発明に係る第1ないし第3のいずれかの圧電フィルタは、好ましくは、前記基板は開口部もしくは凹部を有し、前記開口部もしくは凹部上に前記振動部が形成されている。

## 【 0 0 1 7 】

本発明に係る第4の圧電フィルタは、圧電性基板と、前記圧電性基板を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、所定の圧電共振子の上部電極が、他の圧電共振子の上部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなることを特徴とする。

## 【 0 0 1 8 】

本発明に係る第4の圧電フィルタによれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、所定の圧電共振子の上部電極と他の圧電共振子の上部電極とにおいてエッチングの難易度が異なっていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエ

ッティングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各共振子に対する所望の周波数調整が上部電極に対するエッチングのときに一括的に行える。

## 【 0 0 1 9 】

本発明に係る第 5 の圧電フィルタは、圧電性基板と、前記圧電性基板を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることを特徴とする。

## 【 0 0 2 0 】

本発明に係る第 5 の圧電フィルタによれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各共振子に対する所望の周波数調整が上部電極に対するエッチングのときに一括的に行える。

## 【 0 0 2 1 】

本発明に係る第 4 または第 5 の圧電フィルタは、好ましくは、前記複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されている。この場合、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各圧電共振子に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。

## 【 0 0 2 2 】

本発明に係る第4または第5の圧電フィルタは、好ましくは、前記複数の圧電共振子の少なくとも一つの下部電極が、他の圧電共振子の下部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなる。この場合、上部電極のみならず、下部電極に対するエッチングによっても周波数調整を上部電極と同様行うことができ、上部電極と同時に下部電極に対するエッチングも行える。したがって、上部、下部電極共にそのエッチングされる面材料をエッチングの難易度の異なるものとしていて、上部電極へのエッチングで特性の、若しくは特定のグループの共振子を周波数調整し、下部電極へのエッチングで他の、もしくは他のグループの共振子を周波数調整することができ、個々の振動部に対する選択的な周波数調整を行うことができる。

## 【 0 0 2 3 】

本発明に係る第4または第5の圧電フィルタは、好ましくは、前記複数の圧電共振子の少なくとも一つの下部電極上に、他の圧電共振子の下部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されている。この場合、上部電極のみならず、下部電極に対するエッチングによっても周波数調整を上部電極と同様行うことができる。

## 【 0 0 2 4 】

本発明に係る第4または第5の圧電フィルタは、好ましくは、前記複数の振動部の少なくとも一部の下部電極が共通化されている。この場合、少なくとも一部の下部電極が共通化されているので、ある特定の共振子と他の共振子も一括して周波数調整できる。

## 【 0 0 2 5 】

本発明に係る第1ないし第5のいずれかの圧電フィルタは、圧電共振子をラダー構成にしている。

## 【 0 0 2 6 】

本発明に係るデュプレクサは、本発明に係る第1ないし第5のいずれかの圧電フィルタを用いている。

## 【 0 0 2 7 】

本発明に係る第1の複合圧電共振器は、基板と、前記基板に形成されている、

少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える複合圧電共振器において、

所定の圧電共振子の上部電極が、他の圧電共振子の上部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなることを特徴とする。

#### 【0028】

本発明に係る第1の複合圧電共振器によれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、所定の圧電共振子の上部電極と他の圧電共振子の上部電極とにおいてエッチングの難易度が異なっていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各振動部に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。特に、基板の裏面に開口部を有する構成の場合、裏面から振動部を薄くするよう削ったり、あるいは裏面において振動に膜を付加することで、複合圧電共振器全体としての周波数調整もできる。

#### 【0029】

本発明に係る第2の複合圧電共振器は、基板と、前記基板に形成されている、少なくとも1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える複合圧電共振器において、複数の圧電共振子の上部電極は同じ材料からなり、且つ、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることを特徴とする。

#### 【0030】

本発明に係る第2の複合圧電共振器によれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることに

なるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各振動部に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。特に、基板の裏面に開口部を有する構成の場合、裏面から振動部を薄くするよう削ったり、あるいは裏面において振動に膜を付加することで、複合圧電共振器全体としての周波数調整もできる。

## 【 0 0 3 1 】

本発明に係る第 3 の複合圧電共振器は、基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備える複合圧電共振器において、複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されていることを特徴とする。

## 【 0 0 3 2 】

本発明に係る第 3 の複合圧電共振器によれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各振動部に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。特に、基板の裏面に開口部を有する構成の場合、裏面から振動部を薄くするよう削ったり、あるいは裏面において振動に膜を付加することで、複合圧電共振器全体としての周波数調整もできる。

## 【 0 0 3 3 】

本発明に係る第 1 ないし第 3 のいずれかの複合圧電共振器は、好ましくは、前記圧電薄膜が  $ZnO$  もしくは  $AlN$  を主成分とする。

## 【 0 0 3 4 】

本発明に係る第 1 ないし第 3 のいずれかの複合圧電共振器は、好ましくは、前記基板は開口部もしくは凹部を有し、前記開口部もしくは凹部上に前記振動部が



形成されている。

【 0 0 3 5 】

本発明に係る第 1 の圧電フィルタの周波数調整方法は、基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備え、所定の圧電共振子の上部電極が、他の圧電共振子の上部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなる圧電フィルタの周波数調整方法において、前記所定の圧電共振子の上部電極をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする。

【 0 0 3 6 】

本発明に係る第 1 の圧電共振子の周波数調整方法によれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって複数の圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、所定の圧電共振子の上部電極と他の圧電共振子の上部電極とにおいてエッチングの難易度が異なっていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各圧電共振子に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。

【 0 0 3 7 】

本発明に係る第 2 の圧電フィルタの周波数調整方法は、基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備え、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されている圧電フィルタの周波数調整方法において、前記付加膜をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする。

【 0 0 3 8 】

本発明に係る第 2 の圧電フィルタの周波数調整方法によれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって複数の圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極

の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各圧電共振子に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。

## 【 0 0 3 9 】

本発明に係る第 3 の圧電フィルタの周波数調整方法は、基板と、前記基板に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備え、前記複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されている圧電フィルタの周波数調整方法において、

前記付加電極をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする。

## 【 0 0 4 0 】

本発明に係る第 3 の圧電フィルタの周波数調整方法によれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって複数の圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、複数の圧電共振子の振動部は保護膜で覆われているとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、前記保護膜を介して、付加電極が形成されていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各圧電共振子に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。

## 【 0 0 4 1 】

本発明に係る第 1 ないし第 3 のいずれかの圧電フィルタの周波数調整方法は、好ましくは、前記基板は開口部を有し、前記開口部上に前記振動部が形成されており、前記開口部から前記振動部に対して、膜付加もしくはエッチングにより、前記複数の圧電共振子の周波数調整をさらに行う。この場合、基板の裏面から開口部を通して複数の圧電共振子の振動部を薄くするよう削ったり、あるいは基板

の裏面から開口部を通して複数の圧電共振子の振動部に膜を付加することで、圧電フィルタ全体としての周波数調整もできる。2つの周波数調整を同時に行ってもよいし、順番に行ってもよい。そのとき、順番は、どちらが先であっても良い。

#### 【0042】

本発明に係る第4の圧電フィルタの周波数調整方法は、圧電性基板と、前記圧電性基板を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備え、所定の圧電共振子の上部電極が、他の圧電共振子の上部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなる圧電フィルタの周波数調整方法において、前記所定の圧電共振子の上部電極をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする。

#### 【0043】

本発明に係る第4の圧電共振子の周波数調整方法によれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって複数の圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、所定の圧電共振子の上部電極と他の圧電共振子の上部電極とにおいてエッチングの難易度が異なっていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各圧電共振子のに対する所望の周波数調整が上部電極に対するエッチングのときに一括的に行える。

#### 【0044】

本発明に係る第5の圧電フィルタの周波数調整方法は、圧電性基板と、前記圧電性基板を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部を有する圧電共振子を複数備え、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されている圧電フィルタの周波数調整方法において、

前記付加膜をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行うことを特徴とする。

#### 【0045】

本発明に係る第5の圧電フィルタの周波数調整方法によれば、複数の圧電共振子の上部電極がエッチングされる処理を行うことによって複数の圧電共振子の振動部の薄肉化を図るとともに、所定の圧電共振子の上部電極の上に、該上部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されていることで、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の共振子を選択的に周波数調整できる。また、各複数の圧電共振子に対する所望の周波数調整が上部電極に対するエッチングのときに一括的に行える。

## 【 0 0 4 6 】

本発明に係る第4または第5の圧電フィルタの周波数調整方法は、好ましくは、前記複数の圧電共振子の少なくとも一つの下部電極が、他の圧電共振子の下部電極とはエッチングの難易度が異なる材料からなる下部電極をエッチングすることによって振動部の周波数調整を行う。この場合、上部電極のみならず、下部電極に対するエッチングによっても周波数調整を上部電極と同様行うことができる。したがって、上部、下部電極共にそのエッチングされる面材料をエッチングの難易度の異なるものとしていることで、上部電極へのエッチングで特性の、若しくは特定のグループの共振子を周波数調整し、下部電極へのエッチングで他の、もしくは他のグループの共振子を周波数調整することができ、個々の圧電共振子の振動部に対する選択的な周波数調整を行うことができる。

## 【 0 0 4 7 】

本発明に係る第4または第5の圧電フィルタの周波数調整方法は、好ましくは、前記複数の圧電共振子の少なくとも一つの下部電極上に、他の圧電共振子の下部電極の材料とはエッチングの難易度が異なる付加膜が形成されており、前記上部電極の周波数調整を行った後、前記下部電極の付加膜をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行う。この場合、上部電極のみならず、下部電極に対するエッチングによっても周波数調整を上部電極と同様行うことができる。

## 【 0 0 4 8 】

本発明に係る第4または第5の圧電フィルタの周波数調整方法は、好ましくは

、前記複数の圧電共振子の少なくとも一部の下部電極が共通化されており、前記上部電極の周波数調整を行った後、前記下部電極をエッチングすることによって前記所定の圧電共振子の周波数調整を行う。この場合、少なくとも一部の下部電極が共通化されているので、ある特定の共振子と他の共振子も一括して周波数調整できる。

【 0 0 4 9 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の詳細を図面に示す実施形態に基づいて説明する。

【 0 0 5 0 】

図 1 から図 6 に、本発明に係る実施形態を示している。図 1 は、L 型ラダーフィルタ平面図、図 2 は、図 1 の A - A ' 線に沿う断面図、図 3 は、図 1 の L 型ラダーフィルタを示す回路図、図 4 ( a ) ~ ( d ) 、図 5 ( e ) ~ ( h ) は、図 1 のラダーフィルタの製造過程を示す要部断面図、図 6 は、所定の振動部表面をエッチングした状態を示す縦断面図である。

【 0 0 5 1 】

図 1 から図 3 を参照して、L 型ラダーフィルタとして構成された圧電フィルタが示されている。1 は、異方性エッチング可能なシリコン基板、2 は、酸化珪素 (  $\text{SiO}_2$  ) による薄膜、3 は、酸化亜鉛 (  $\text{ZnO}$  ) を主成分として薄膜層でなる圧電薄膜、4 a , 4 b は、アルミニウム (  $\text{Al}$  ) などによる下部電極、5 a , 5 b は、同じくアルミニウム (  $\text{Al}$  ) などによる上部電極である。

【 0 0 5 2 】

基板 1 はシリコンウェハからなる。この基板 1 には、上下に貫通する貫通孔となる開口部 6 が形成されている。この開口部 6 は、圧電薄膜 3 、下部電極 4 a , 4 b 、上部電極 5 a , 5 b により構成される振動部を有する並列圧電共振子 7 、直列圧電共振子 8 の振動空間を確保するものとなっている。薄膜 2 は、開口部 6 を全面にわたって覆う状態に形成されている。薄膜 2 は、直列圧電共振子 7 及び並列圧電共振子 8 を支持する支持部としてのダイヤフラム 9 となっている。

【 0 0 5 3 】

ダイヤフラム 9 上には、下部電極 4 a , 4 b がそれぞれ形成されている。下部

電極 4 a は、GND 電極 1 0 が接続されている。下部電極 4 b は、出力電極 1 1 が接続されている。下部電極 4 a, 4 b 上には、酸化亜鉛 ( $ZnO$ ) を主成分として少なくとも一つの層を成す圧電薄膜 3 が薄膜部として形成されている。上部電極 5 a は、ダイヤフラム 9 の領域において圧電薄膜 3 を下部電極 4 a と上下で挟んで上下方向で下部電極 4 a に一部対向するように設けられている。上部電極 5 b は、ダイヤフラム 9 の領域において圧電薄膜 3 を下部電極 4 b と上下で挟んで上下方向で下部電極 4 b に一部対向するように設けられている。これら上部電極 5 a, 5 b は一つの同じ薄膜層として形成されており、後述するように、各電極 5 a, 5 b の膜厚が異なるものとされている。両上部電極 5 a, 5 b は、入力電極 1 2 が接続されている。

## 【 0 0 5 4 】

下部電極 4 a と上部電極 5 a とが上下に重なっている形状は、その重なり方向視で矩形状となっている。下部電極 4 b と上部電極 5 b とが上下に重なっている形状も、その重なり方向視で矩形状となっている。下部電極 4 a と上部電極 5 a とこれらで上下に挟み込まれた圧電薄膜 3 の部分からなる振動部を有する並列圧電共振子 7 が構成されている。下部電極 4 b と上部電極 5 b とこれらで上下に挟み込まれた圧電薄膜 3 の部分からなる振動部を有する直列圧電共振子 8 が構成されている。これら振動部に対して下部電極 4 a, 4 b および上部電極 5 a, 5 b を介して電気信号が与えられることにより、これら振動部はそれぞれ厚み縦振動することで圧電共振子として機能する。なお、その振動部の振動モードは、厚みすべり振動でも良い。

## 【 0 0 5 5 】

上部電極 5 a と上部電極 5 b とは後述するように一つの電極膜として一体的に形成されている。上部電極 5 b は上部電極 5 a よりもその厚みが薄肉にエッチングされている。このように薄肉に加工されているのは、共振周波数の設定の調整を行うため、特に上部電極 5 b が選択されてエッチングされているからである。このため、電極層としての上部電極 5 a の表面には、同一条件でのエッチングの進行が上部電極 5 a 及び 5 b の材料である  $Al$  よりも小さいアルミナ  $Al_2O_3$  などのエッチング抑制膜 1 3 が表面部層として成膜されている。

## 【 0 0 5 6 】

詳細には、圧電共振子の共振周波数は、薄膜 2、圧電薄膜 3、下部電極 4 a、4 b、上部電極 5 a、5 b、エッチング抑制膜 1 3 により構成される振動部の厚みによって決まり、ラダー型の圧電フィルタにおいては、直列圧電共振子と並列圧電共振子の共振周波数の差によって通過帯域幅が決まる。本実施の形態のように、上部電極 5 a の表面に、上部電極 5 a 及び 5 b の材料である A 1 よりも小さいアルミナ  $Al_2O_3$  などのエッチング抑制膜 1 3 が表面部層として成膜されている状態で、並列圧電共振子 7 及び直列圧電共振子 8 の周波数を調整するためのエッチングを並列圧電共振子 7 及び直列圧電共振子 8 の上方から行なうと、エッチングの進行が小さいエッチング抑制膜 1 3 はほとんどエッチングされることはない一方、上部電極 5 b はエッチングされることにより、上部電極 5 b は上部電極 5 a よりもその厚みが薄くなる。つまり、並列圧電共振子 7 の振動部と比較して直列圧電共振子 8 の振動部が薄肉化される。この結果、直列圧電共振子と並列圧電共振子の共振周波数の差が変化し、通過帯域幅を所望の値にすることが出来る。

## 【 0 0 5 7 】

このように、本実施の形態では、上部電極 5 a の表面に、同一条件でのエッチングの進行が上部電極 5 a 及び 5 b よりも小さい材料から成るエッチング抑制膜 1 3 を形成し、エッチングの進行速度を並列圧電共振子 7 及び直列圧電共振子 8 で異ならせることで、直列圧電共振子と並列圧電共振子の共振周波数の差を調整し、通過帯域幅が所望の値に調整されている。

## 【 0 0 5 8 】

上述のように、並列圧電共振子 7 及び直列圧電共振子 8 の周波数を調整するためのエッチングを並列圧電共振子 7 及び直列圧電共振子 8 の上方から行なうことで、並列圧電共振子 7 及び直列圧電共振子 8 に振動部の厚みの差を調整することで通過帯域幅を所望の値に調整した後、薄膜 2 の下面側に形成した調整膜 1 4 を付加することで、圧電フィルタ全体の周波数の調整が行われている。付加される調整膜 1 4 の厚みによって、圧電フィルタ全体の周波数は変化し、調整膜 1 4 の厚みが厚くなるほど、圧電フィルタ全体の周波数は低くなる。なお、圧電フィル

タ全体の周波数を高くするときには、薄膜 2 の下面側からエッチングを行い、薄膜 2 を薄くすることで調整する。

## 【 0 0 5 9 】

次に、この圧電フィルタの製造方法について、所定工程を断面図として図示する図 4、図 5 に基づいて以下に説明する。図 4 (a) を参照して、シリコンウェハの状態で基板 1 が用意される。図 4 (b) を参照して、基板 1 の一方の面（別言すれば上面、または表面）に酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ ) の薄膜 2 が形成される。この薄膜 2 は、基板 1 の表面に対してスパッタリングや CVD 法などによって成膜される。

## 【 0 0 6 0 】

次に、図 4 (c) を参照して、基板 1 の他方の面（別言すると下面、または裏面）から薄膜 2 まで達する開口部 6 が空洞状に形成される。開口部 6 は、所要の異方性エッチングや反応性エッチングやレーザを利用した加工などにより形成されている。図 1 において、開口部 6 は、基板 1 の表面側から見た状態で破線によりその輪郭形状が示されている。

## 【 0 0 6 1 】

次いで、図 4 (d) を参照して、薄膜 2 の表面に図示しないパターン化されたレジスト膜により所要領域が保護される状態で、真空蒸着またはスパッタリングなどによって、アルミニウム (Al) など材料として電極膜が基板 1 全面に成膜される。その後、レジスト膜が剥離除去されることによって、下部電極 4 a、4 b がそれぞれ形成される。なお、下部電極 4 a、4 b は、Al にかえて、Au、Pt、Nb、W、Cu、Ag などを用いても良い。

## 【 0 0 6 2 】

次いで、図 5 (e) を参照して、不図示のメタルマスクなどでマスクングして、真空蒸着またはスパッタリングなどにより酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}$ ) を主成分として圧電薄膜 3 が成膜される。

## 【 0 0 6 3 】

その後、図 5 (f) を参照して、不図示のレジスト膜で上部電極パターンが形成され、次いで、全面にアルミニウム (Al) を成膜する。その後、レジスト膜



が剥離除去されることによって、上部電極 5 a, 5 b を形成するための上部電極部 5 が形成される。図 2 4 に示すように、上部電極 5 a, 5 b の厚さを予め必要とされる厚さになるように別々に形成してもよい。この場合、上部電極 5 a と上部電極 5 b とは、振動に影響しないところ x で電氣的に接続される。

## 【 0 0 6 4 】

その後、図 5 (g) を参照して、不図示のメタルマスクなどでマスクングして、真空蒸着またはスパッタリングなどにより、上部電極 5 a ではそのエッチングが抑制されるように、アルミナ ( $Al_2O_3$ ) からなる付加膜としてのエッチング抑制膜 1 3 が上部電極 5 a の上面に成膜される。

## 【 0 0 6 5 】

次いで、図 5 (h) を参照して、上部電極 5 a に接続される入力電極 1 2 のパッド部と、下部電極 4 b に接続される出力電極 1 1 のパッド部と、GND 電極 1 0 のパッド部とを、成膜する。GND 電極 1 0, 出力電極 1 1, 入力電極 1 2 は、電極成膜時に、同時に形成してもよい。ここまでの工程において、周波数調整していない状態の圧電フィルタが得られたことになる。

## 【 0 0 6 6 】

次に、この圧電フィルタの周波数調整について説明する。直列圧電共振子 8 についてその肉厚を減じる加工が施されることによって、その直列圧電共振子 8 の共振周波数を所望の共振周波数に近づけるように調整する。この調整では、高周波ネットワークアナライザなどの測定装置を用いてもよい。この場合、高周波ネットワークアナライザからの周波数信号が、入力電極 1 2 と GND 電極 1 0 との間に入力され、その入力された信号に応答して出力電極 1 1 と GND 電極 1 0 との間で出力される信号が得られる。並列圧電共振子 7 と直列圧電共振子 8 とから構成されるフィルタとしての中心周波数と通過帯域幅が該高周波ネットワークアナライザで測定される。

## 【 0 0 6 7 】

この測定結果に基づいて、通過帯域幅について圧電フィルタに要求される所望の通過帯域幅の値とのずれ量が得られる。予め実験により求めておいたアルゴン (Ar) 雰囲気におけるエッチングとしてのイオンミリング時間と良品の圧電フ

フィルタにおける通過帯域幅の減少量との関係から、所望の通過帯域幅に周波数調整を行うの必要なイオンミリング時間  $t_1$  が計算できる。また、前記測定された中心周波数について所望の中心周波数の値とのずれ量、及び、予め実験により求めておいた銀 (A g) などの調整膜 1 4 を形成するための蒸着時間と中心周波数の減少量との関係から、所望の中心周波数に合わせるのに必要な蒸着時間  $t_2$  が計算できる。なお、このアルゴン雰囲気中におけるイオンミリングレートの具体的数値を以下に示す。アルミニウムは、 $2.0 \text{ (nm/min)}$  である。金は、 $10.0 \text{ (nm/min)}$  である。アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) は、 $0.2 \text{ (nm/min)}$  である。

## 【0068】

その計算結果に基づいて、前記圧電フィルタをイオンミリング装置に導入して、アルゴン雰囲気において表面を時間  $t_1$  だけエッチングする。このエッチングにより上部電極 5 a, 5 b のうち、エッチング抑制膜 1 3 が形成されている上部電極 5 a よりも上部電極 5 b の方がエッチングされやすくなっているから、上部電極 5 b が薄膜化が促進され、直列圧電共振子 8 の共振周波数が高くなる側にシフトされるよう調整されることで、直列圧電共振子と並列圧電共振子の共振周波数の差を調整し、通過帯域幅を所望の値にすることが出来る。その後、該圧電フィルタを蒸着装置に導入して、ダイヤフラム 9 の下面に時間  $t_2$  だけ銀 (A g) を調整膜 1 4 として蒸着することで、圧電フィルタ全体の周波数を調整する。このようにして、圧電フィルタは、その通過帯域幅・中心周波数が共に所望の値に合わされることになる。なお、銀 (A g) に変えて、 $\text{SiO}_2$  等の絶縁膜を用いても良い。

## 【0069】

以上の工程によって、図 1 に示されるように、周波数調整された L 型ラダーフィルタが得られる。これによって、この圧電フィルタを構成する直列圧電共振子と並列圧電共振子との共振周波数を同時に調整することができる。これは、各振動部について個別に調整する場合には、調整しない振動部に対するマスクなどが必要となる工程があるが、その工程をなくすことができ、調整工程の簡単化を図れる。基板上に複数形成されたフィルタ素子を一括して周波数調整することがで

きる。

【0070】

以上のように、本実施の形態では、ラダー型の圧電フィルタにおいて、直列圧電共振子と並列圧電共振子の一方の上部電極上に、同一条件でのエッチングの進行が上部電極材料よりも小さいエッチング抑制膜を形成することで、直列圧電共振子と並列圧電共振子のエッチングによる周波数の変化の大きさに差が出るようにする。このようにすることで、マスクなどを用いることなく、上部電極に対するエッチングによって、直列圧電共振子と並列圧電共振子の共振周波数の差を調整し、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整することが出来る。特に、開口部を有する基板を用い、開口部上に圧電共振子の振動部を形成してなる圧電フィルタにおいては、上部電極に対するエッチングによって、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整した後に、開口部の方向より、開口部を塞ぐように形成された薄膜に対するエッチング又は調整膜の付加によって、圧電フィルタ全体の調整を行なうことが出来る。また、先にフィルタ全体の周波数調整を行い、その後、直列側及び並列側の各共振子の周波数調整を行っても良い。

【0071】

なお、本実施の形態1では、並列圧電共振子7と直列圧電共振子8とにおいて、圧電薄膜3、下部電極4a、4bの厚みを等しくした上で、上部電極5a、5bの厚みを異ならせることで、並列圧電共振子7と直列圧電共振子8の共振周波数を異ならせることが好ましい。このような構造にすることで製造が容易になると共に、上部電極5a、5bの厚みを調整するだけで、並列圧電共振子7と直列圧電共振子8の共振周波数を調整することが出来る。

【0072】

(実施形態2)

次に、本発明に係る圧電フィルタの実施形態2について説明する。図7は、圧電フィルタの縦断面図、図8は、図7の圧電フィルタの平面図(a)と下面図(b)、図9は、図7の圧電フィルタの回路図、図10(a)～(c)は、図7のラダーフィルタの製造過程を示す要部断面図である。

【0073】

図7を参照して、21は、タンタル酸リチウム ( $\text{LiTaO}_3$ ) で形成された薄板状の圧電体からなる圧電性基板、22a、22bは、基板21の上面にそれぞれ所定位置に成膜された金属膜からなる上部電極、23a、23bは、基板21の下面にそれぞれ所定位置に成膜された金属膜からなる下部電極、24は、上部電極22aの表面にさらに成膜された付加膜としてのエッチング抑制膜、25は、下部電極23bの表面にさらに成膜された付加膜としてのエッチング抑制膜である。基板21は、例えば、ニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ )、水晶などが用いられても良い。

## 【0074】

基板21は、上下両面が鏡面仕上げされている。この基板21の上面の2箇所にそれぞれ位置設定されて一対の上部電極22a、22bが成膜されている。各上部電極22a、22bは、平面視矩形状である。両上部電極22a、22bは、アルミニウム (Al) によりなる。アルミニウムにかえて、金 (Au) などの高導電率材により、両上部電極22a、22bを形成してもよい。一方の上部電極22aの表面には、同一条件でのエッチングの進行がアルミニウムよりも小さいアルミナ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  などのエッチング抑制膜24が成膜されている。他方の上部電極22bは、アルミニウムで形成されたままの表面部となっている。

## 【0075】

基板21の下面には、両上部電極22a、22bと対向する位置に上部電極22a、22bのそれぞれの形状に合わせた平面視矩形状の下部電極23a、23bが成膜されている。両下部電極23a、23bは、アルミニウムによりなる。アルミニウムにかえて、金 (Au) などの高導電率材により、両下部電極23a、23bを形成してもよい。一方の下部電極23bの表面には、同一条件でのエッチングの進行がアルミニウムよりも小さいアルミナ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  などのエッチング抑制膜25が成膜されている。他方の下部電極23aは、アルミニウムで形成されたままの表面部となっている。

## 【0076】

両上部電極22a、22bに接続された引き出し電極26が入力電極として、基板21の上面に形成されている。下部電極23aに接続された引き出し電極2

7がGND電極として、基板21の下面に形成されている。下部電極23bに接続された引き出し電極28が出力電極として、基板22の下面に形成されている。ここで、下部電極23aと上部電極22aとこれらで上下に挟み込まれた基板21の部分からなる振動部を有する並列圧電共振子29が構成されている。下部電極23bと上部電極22bとこれらで上下に挟み込まれた基板21の部分からなる振動部を有する直列圧電共振子30が構成されている。これにより、図9に示すL型ラダー圧電フィルタが構成されている。

## 【0077】

次に、この圧電フィルタの製造方法について、所定工程を断面図として図示する図10に基づいて以下に説明する。図10(a)を参照して、両面が鏡面仕上げされた薄板状のタンタル酸リチウム( $\text{LiTaO}_3$ )からなる基板21が用意される。図10(b)を参照して、基板21の両面それぞれに、図示しないパターン化されたレジスト膜により所要領域が保護される状態で、真空蒸着またはスパッタリングなどによって、アルミニウム(Al)などを材料として電極膜が基板1全面に成膜される。その後、レジスト膜が剥離除去されることによって、上部電極22a、22b、下部電極23a、23bが、それぞれ形成される。

## 【0078】

次いで、図10(c)を参照して、不図示のメタルマスクなどでマスキングして、真空蒸着またはスパッタリングなどにより上部電極22a、下部電極23bが形成される部分に対応してアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )からなるエッチング抑制膜24、25がそれぞれ成膜される。

## 【0079】

次いで、引き出し電極26、27、28などが基板21に成膜される。引き出し電極26、27、28は、上部電極22a、22b、下部電極23a、23bと一体的に作成されても良い。ここまでの工程において、周波数調整していない状態の圧電フィルタが得られたことになる。

## 【0080】

次に、この圧電フィルタの周波数調整について説明する。並列圧電共振子29及び直列圧電共振子30についてそれぞれ個別にその肉厚を減じる加工が行われ

ることによって、各共振子 2 9, 3 0 の共振周波数が所望の周波数に調整される。この調整では、高周波ネットワークアナライザなどの測定装置が用いられる。高周波ネットワークアナライザからの周波数信号が、引き出し電極 2 6 と引き出し電極 2 7 との間に入力され、その間の振動部が励振され、そのときの反射特性より並列圧電共振子 2 9 の共振周波数を測定する。同様に引き出し電極 2 6 と引き出し電極 2 8 との間に入力され、その反射特性により直列圧電共振子 3 0 の共振周波数を測定する。

## 【 0 0 8 1 】

その測定結果からは、並列圧電共振子 2 9, 直列圧電共振子 3 0 におけるそれぞれの所望の周波数からのずれ量を知ることができる。これにより、予め実験により求めておいたアルゴン (A r) 雰囲気におけるエッチングとしてのイオンミリング時間と、周波数のずれ量との関係から、所望の共振周波数に合わせるよう調整するのに必要なイオンミリング時間を求めることができる。並列圧電共振子 2 9 を所望の共振周波数に合わせるのに必要なイオンミリング時間が  $t_1$ 、直列圧電共振子 3 0 を所望の共振周波数に合わせるのに必要なイオンミリング時間が  $t_2$  として求められたとする。

## 【 0 0 8 2 】

まず、上面全体を時間  $t_2$  だけイオンミリングすることにより、上部電極 2 2 b が上部電極 2 2 a よりもエッチングされ、直列圧電共振子 3 0 が所望の周波数となる。このとき、並列圧電共振子 2 9 の上部電極 2 2 a は、エッチング抑制膜 2 4 で表面部が被覆されているので、並列圧電共振子 2 9 の共振周波数がほとんど変化しない。その後、下面全体を時間  $t_1$  だけイオンミリングすることにより、下部電極 2 3 a がエッチングされ、並列圧電共振子 2 9 が所望の周波数となる。このとき、直列圧電共振子 3 0 の下部電極 2 3 b は、エッチング抑制膜 2 5 で表面部が被覆されているので、直列圧電共振子 3 0 の共振周波数がほとんど変化しない。

## 【 0 0 8 3 】

これにより、圧電フィルタを構成する直列圧電共振子 3 0 と並列圧電共振子 2 9 とは、それぞれ個別に周波数調整を行うことができる。上面と下面とで別々に

周波数調整が可能であるため、直列圧電共振子 3 0 と並列圧電共振子 2 9 とを同時にそれぞれ任意の量の調整を行うことができる。また、ウェハ状態で調整可能であるため、ウェハ上のフィルタ素子に対して、一括して周波数調整することができる。

## 【 0 0 8 4 】

なお、本実施形態 2 では、直列圧電共振子 3 0 と並列圧電共振子 2 9 の上部電極は、並列圧電共振子 2 9 の上部電極 2 2 a の上に、エッチング抑制膜 2 4 を形成することで、直列圧電共振子 3 0 の上部電極 2 2 b とエッチングレートを異ならせたが、これに限らず、並列圧電共振子 2 9 の上部電極 2 2 a の電極材料を、直列圧電共振子 3 0 の上部電極 2 2 b の電極材料とエッチングレートが異なるものを電極材料にしてもよい。

## 【 0 0 8 5 】

また、本実施形態 2 では、直列圧電共振子 3 0 と並列圧電共振子 2 9 の下部電極は、直列圧電共振子 3 0 の下部電極 2 3 b の上にエッチング抑制膜 2 5 を形成することで、並列圧電共振子 2 9 の下部電極 2 3 a とエッチングレートを異ならせたが、これに限らず、直列圧電共振子 3 0 の下部電極 2 3 b の電極材料を、並列圧電共振子 2 9 の下部電極 2 3 a とエッチングレートが異なる電極材料にしてもよい。

## 【 0 0 8 6 】

## (実施形態 3)

次に、本発明に係る圧電フィルタの実施形態 3 について説明する。図 1 1 は、圧電フィルタの縦断面図、図 1 2 は、図 1 1 の圧電フィルタの平面図 (a) と下面図 (b)、図 1 3 (a) ~ (c) は、図 1 1 の圧電フィルタの製造過程を示す要部断面図である。

## 【 0 0 8 7 】

図 1 1 には、2 重モードフィルタを構成する圧電フィルタが示されている。図 1 1 及び図 1 2 を参照して、3 1 は、タンタル酸リチウム ( $\text{LiTaO}_3$ ) で形成された薄板状の圧電体からなる圧電性基板、3 2 a, 3 2 b は、基板 3 1 の上面にそれぞれ所定位置に成膜された金属膜からなる上部電極、3 3 は、基板 3 1

の下面の所定位置に成膜された金属膜からなる下部電極、34は、上部電極32aの表面にさらに成膜されたエッチング抑制膜である。基板31は、例えば、ニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ )、水晶などが用いられても良い。

## 【0088】

基板31は、上下両面が鏡面仕上げされている。この基板31の上面の2箇所それぞれ位置設定されて一対の上部電極32a、32bが成膜されている。各上部電極32a、32bは、平面視矩形状である。両上部電極32a、32bは、アルミニウム (Al) によりなる。アルミニウムにかえて、金 (Au) などの高導電率材により、両上部電極32a、32bを形成してもよい。一方の上部電極32aの表面には、同一条件でのエッチングの進行がアルミニウムよりも小さいアルミナ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  などの付加膜としてのエッチング抑制膜34が成膜されている。他方の上部電極32bは、アルミニウムで形成されたままの表面部となっている。

## 【0089】

基板31の下面には、両上部電極32a、32bと対向する位置に一つの平面視矩形状の下部電極33が成膜されている。下部電極33は、アルミニウムによりなる。アルミニウムにかえて、金 (Au) などの高導電率材により、下部電極33を形成してもよい。下部電極33は、後述するように、周波数調整を行った調整膜40が積層形成されている。

## 【0090】

上部電極32aに接続された引き出し電極35が入力電極として、基板31の上面に形成されている。上部電極32bに接続された引き出し電極36が出力電極として、基板31の上面に形成されている。下部電極33に接続された引き出し電極37がGND電極として、基板31の下面に形成されている。ここで、下部電極33と上部電極32aとこれらで上下に挟み込まれた基板31の部分とによって、圧電共振子の振動部38aが構成されている。下部電極33と上部電極32bとこれらで上下に挟み込まれた基板31の部分とによって、圧電共振子の振動部38bが構成されている。圧電共振子の振動部38a、38bの相互作用によって圧電フィルタ39が構成されている。



## 【 0 0 9 1 】

次に、この圧電フィルタの製造方法について、所定工程を断面図として図示する図 1 3 に基づいて以下に説明する。図 1 3 ( a ) を参照して、両面が鏡面仕上げされた薄板状のタンタル酸リチウム ( $\text{LiTaO}_3$ ) からなる基板 3 1 が用意される。図 1 3 ( b ) を参照して、基板 3 1 の両面それぞれに、図示しないパターン化されたレジスト膜により所要領域が保護される状態で、真空蒸着またはスパッタリングなどによって、アルミニウム ( Al ) などを材料として電極膜が基板 3 1 全面に成膜される。その後、レジスト膜が剥離除去されることによって、上部電極 3 2 a , 3 2 b 、下部電極 3 3 が、それぞれ形成される。

## 【 0 0 9 2 】

次いで、図 1 3 ( c ) を参照して、不図示のメタルマスクなどでマスキングして、真空蒸着またはスパッタリングなどにより上部電極 3 2 a が形成される部分に対応してアルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) からなるエッチング抑制膜 3 4 がそれぞれ成膜される。

## 【 0 0 9 3 】

次いで、引き出し電極 3 5 , 3 6 , 3 7 などが基板 3 1 に成膜される。ここまでの工程において、周波数調整していない状態の圧電フィルタ 3 9 が得られたことになる。

## 【 0 0 9 4 】

次に、この圧電フィルタ 3 9 の周波数調整について説明する。

## 【 0 0 9 5 】

周波数調整されていない圧電フィルタ 3 9 をエッチング装置内に設置する。このエッチング装置には、圧電フィルタの通過帯域、中心周波数を測定するための測定装置が備えられている。エッチング装置における高周波プローブを、入力端としての引き出し電極 3 5 と、出力端としての引き出し電極 3 6 と、GND 端としての引き出し電極 3 7 とにそれぞれ当接した状態で、該圧電フィルタ 3 9 の通過帯域幅と、中心周波数とが測定される。

## 【 0 0 9 6 】

その測定結果に基づいて、エッチング装置によって、圧電共振子の振動部 3 8

a, 38 bに対する膜厚を小さくするエッチング処理を行って周波数調整がなされる。詳述すると、まず、通過帯域幅を測定しながら、基板31の上面の上部電極32 a, 32 bに対して、イオンミリングを行う。このとき、エッチング抑制膜34が形成されている上部電極32 aに比して上部電極32 bの方がミリングされ易いことから、斜対称モードと対称モードの共振周波数がずれていくことになる。このため、通過帯域幅が減少していく。その加工を所望の通過帯域幅になるまで行う。その加工調整が終了した後、基板31の下面の下部電極33に例えば銀などを蒸着処理して調整膜40を形成する。この蒸着の質量付加効果により、圧電フィルタ39の中心周波数が低周波数側へシフトしていく。所望の中心周波数になるまで蒸着処理を行う。

## 【0097】

この構造の2重モードフィルタは、所望の共振周波数に調整されることになる。その調整は、基板31の上面の上部電極に対するエッチングにより、通過帯域幅調整が行え、基板31の下面の下部電極に対する膜付加により、中心周波数調整が行える。また、フィルタ特性を振動部に対する直接測定を行いながら調整できるので、高精度に調整できる。

## 【0098】

## (実施形態4)

次に、本発明に係る圧電フィルタの実施形態4について説明する。図14は、圧電フィルタの縦断面図、図15は、図14の圧電フィルタの平面図(a)と下面図(b)、図16(a)～(c)は、図14の圧電フィルタの製造過程を示す要部断面図である。

## 【0099】

図14には、1つの直列共振子と、1つの並列共振子からなるラダー型圧電フィルタが示されている。図14及び図15を参照して、41は、タンタル酸リチウム( $\text{LiTaO}_3$ )で形成された薄板状の圧電体からなる圧電性基板、42 a, 42 bは、基板41の上面にそれぞれ所定位置に成膜された金属膜からなる上部電極、43は、基板41の下面の所定位置に成膜された金属膜からなる下部電極、44は、上部電極42 aの表面にさらに成膜されたエッチング抑制膜である。

。基板 4 1 は、例えば、ニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ )、水晶などが用いられても良い。

#### 【0100】

基板 4 1 は、上下両面が鏡面仕上げされている。この基板 4 1 の上面の 2 箇所それぞれ位置設定されて一対の上部電極 4 2 a, 4 2 b が成膜されている。各上部電極 4 2 a, 4 2 b は、平面視矩形状である。両上部電極 4 2 a, 4 2 b は、アルミニウム (Al) によりなる。一方の上部電極 4 2 a の表面には、同一条件でのエッチングの進行がアルミニウムよりも著しくエッチング速度の大きい金 (Au) などの導電体材料からなる付加膜としてのエッチング容易膜 4 4 が成膜されている。他方の上部電極 4 2 b は、アルミニウムで形成されたままの表面部となっている。

#### 【0101】

基板 4 1 の下面には、両上部電極 4 2 a, 4 2 b と対向する位置に一つの平面視矩形状の下部電極 4 3 が成膜されている。下部電極 4 3 は、アルミニウムによりなる。アルミニウムにかえて、金 (Au) などの高導電率材により、下部電極 4 3 を形成してもよい。下部電極 4 3 は、後述するように、周波数調整を行うためのエッチングが施されている。

#### 【0102】

上部電極 4 2 a に接続された引き出し電極 4 5 が GND 電極として、基板 4 1 の上面に形成されている。上部電極 4 2 b に接続された引き出し電極 4 6 が出力電極として、基板 4 1 の上面に形成されている。下部電極 4 3 に接続された引き出し電極 4 7 が入力電極として、基板 4 1 の下面に形成されている。ここで、下部電極 4 3 と上部電極 4 2 a とこれらで上下に挟み込まれた基板 4 1 の部分からなる振動部を有する圧電共振子 4 8 が構成されている。下部電極 4 3 と上部電極 4 2 b とこれらで上下に挟み込まれた基板 4 1 の部分からなる振動部を有する圧電共振子 4 9 が構成されている。

#### 【0103】

次に、この圧電フィルタの製造方法について、所定工程を断面図として図示する図 1 6 に基づいて以下に説明する。図 1 6 (a) を参照して、両面が鏡面仕上

げされた薄板状のタンタル酸リチウム ( $\text{LiTaO}_3$ ) からなる基板 4 1 が用意される。図 1 6 (b) を参照して、基板 4 1 の両面それぞれに、図示しないパターン化されたレジスト膜により所要領域が保護される状態で、真空蒸着またはスパッタリングなどによって、アルミニウム (A 1) などを材料として電極膜が基板 1 全面に成膜される。その後、レジスト膜が剥離除去されることによって、上部電極 4 2 a, 4 2 b、下部電極 4 3 が、それぞれ形成される。

## 【0 1 0 4】

次いで、図 1 6 (c) を参照して、不図示のメタルマスクなどでマスキングして、真空蒸着またはスパッタリングなどにより上部電極 3 2 a が形成される部分に対応して金 (A u) からなるエッチング容易膜 4 4 がそれぞれ成膜される。

## 【0 1 0 5】

次いで、引き出し電極 4 5, 4 6, 4 7 などが基板 4 1 に成膜される。ここまでの工程において、周波数調整していない状態の圧電フィルタが得られたことになる。

## 【0 1 0 6】

次に、この圧電フィルタの周波数調整について説明する。圧電共振子 4 8 及び圧電共振子 4 9 についてそれぞれ個別にその肉厚を減じる加工することによって、各圧電共振子 4 8, 4 9 の共振周波数が所望の周波数に調整される。この調整では、高周波ネットワークアナライザなどの測定装置が用いられる。高周波ネットワークアナライザからの周波数信号が、引き出し電極 4 5 と引き出し電極 4 7 との間に入力され、その間の振動部が励振され、圧電共振子 4 8 の共振周波数を測定する。同様に、高周波ネットワークアナライザからの周波数信号が、引出し電極 4 6 と引き出し電極 4 7 との間に入力され、その間の振動部が励振され、圧電共振子 4 9 の共振周波数を測定する。

## 【0 1 0 7】

その測定結果からは、圧電共振子 4 8, 4 9 におけるそれぞれの所望の周波数からのずれ量を知ることができる。これにより、予め実験により求めておいたアルゴン (A r) 雰囲気におけるエッチングとしてのイオンミリング時間と、周波数のずれ量との関係から、所望の共振周波数に合わせるよう調整するのに必要な

イオンミリング時間を求めることができる。圧電共振子 4 8 を所望の共振周波数に合わせるのに必要なイオンミリング時間が  $t_1$ 、圧電共振子 4 9 を所望の共振周波数に合わせるのに必要なイオンミリング時間が  $t_2$  として求められたとする。

#### 【0 1 0 8】

まず、上面全体を時間  $t_1$  だけイオンミリングすることにより、上部電極 4 2 a 上に形成されているエッチング容易膜 4 4 が上部電極 4 2 b よりもエッチングされ、圧電共振子 4 8 が共振周波数が高い側へ移動して所望の周波数となる。このとき、圧電共振子 4 8 の上部電極 4 2 a は、エッチング容易膜 4 4 で表面部が被覆されているので、この圧電共振子 4 8 の共振周波数が、圧電共振子 4 9 の共振周波数より大きく移動する。これにより、所望の通過帯域幅に調整することが出来る。その後、下面全体を時間  $t_2$  だけイオンミリングすることにより、下部電極 4 3 がエッチングされ、圧電フィルタの中心周波数を合わせることができる。

#### 【0 1 0 9】

##### (実施形態 5)

次に、本発明に係るデュプレクサについて説明する。

#### 【0 1 1 0】

図 1 7 に示されるようなデュプレクサ 5 0 は、アンテナ端子 5 1、受信側端子 5 2 および送信側端子 5 3 が設けられている。受信側端子 5 2 および送信側端子 5 3 と、アンテナ端子 5 1 との間に所要周波数帯域の通過のみ許す本発明に係る圧電フィルタを含む構成となっている。

#### 【0 1 1 1】

##### (実施形態 6)

次に、本発明に係る通信装置について説明する。図 1 8 に通信装置の簡易なブロック図を示している。

#### 【0 1 1 2】

この通信装置 5 4 は、図 1 8 に示すように、本体に備えられる受信回路 5 5 と、送信回路 5 6 と、アンテナ 5 7 とを備えている。また、アンテナ 5 7 と、送信

回路 5 6 および受信回路 5 5 とは、上記実施形態 5 で説明したようなデュプレクサ 5 0 を介して信号伝送がなされる。したがって、このデュプレクサ 5 0 に回路素子として含まれる本発明に係る圧電フィルタによって、この通信装置は、その動作特性が安定したものとなる。

## 【 0 1 1 3 】

## (実施形態 7)

次に、本発明に係るラダー型圧電フィルタの実施形態 7 について簡単に説明する。図 1 9 は、圧電フィルタの縦断面図、図 2 0 は、図 1 9 の圧電フィルタの平面図 (a) と下面図 (b) である。

## 【 0 1 1 4 】

図 1 9 及び図 2 0 を参照して、薄板状の圧電体からなる圧電性基板 6 1 の上面側に一对の上部電極 6 2 a, 6 2 b が成膜され、各上部電極 6 2 a, 6 2 b と対向配置される下部電極 6 3 が基板 6 1 の下面側に成膜されている。

## 【 0 1 1 5 】

上部電極 6 2 a に接続された引き出し電極 6 4 が GND 電極として、基板 6 1 の上面に形成されている。上部電極 6 2 b に接続された引き出し電極 6 5 が出力電極として、基板 6 1 の上面に形成されている。下部電極 6 3 に接続された引き出し電極 6 6 が入力電極として、基板 6 1 の下面に形成されている。上部電極 6 2 a と、下部電極 6 3 と、該両電極 6 2 a, 6 3 により挟み込まれた基板 6 1 の部分からなる振動部を有する並列圧電共振子 6 7 が形成されている。上部電極 6 2 b と、下部電極 6 3 と、該両電極 6 2 b, 6 3 により挟み込まれた基板 6 1 の部分からなる振動部を有する直列圧電共振子 6 8 が形成されている。

## 【 0 1 1 6 】

上部電極 6 2 a は金 (Au) により成膜されたものである。上部電極 6 2 b, 下部電極 6 3 はアルミニウム (Al) により成膜されたものである。したがって、上部電極 6 2 a は上部電極 6 2 b よりも同一条件でエッチングの進行され易いものとなっている。

## 【 0 1 1 7 】

次に、この圧電フィルタの周波数調整について説明する。並列圧電共振子 6 7

及び直列圧電共振子 6 8 についてそれぞれ個別にその肉厚を減じる加工することによって、各圧電共振子 6 7, 6 8 の共振周波数が所望の周波数に調整される。この調整では、高周波ネットワークアナライザなどの測定装置が用いられる。高周波ネットワークアナライザからの周波数信号が、入力電極 6 6 と GND 電極 6 4 との間に入力され、その間の振動部が励振され、並列圧電共振子 6 7 の共振周波数を測定する。同様に、高周波ネットワークアナライザからの周波数信号が、入力電極 6 6 と電極 6 5 との間に入力され、その間の振動部が励振され、直列圧電共振子 6 8 の共振周波数を測定する。

## 【 0 1 1 8 】

その測定結果からは、並列圧電共振子 6 7, 直列圧電共振子 6 8 におけるそれぞれの所望の周波数からのずれ量を知ることができる。これにより、予め実験により求めておいたアルゴン (Ar) 雰囲気におけるエッチングとしてのイオンミリング時間と、周波数のずれ量との関係から、所望の共振周波数に合わせるよう調整するのに必要なイオンミリング時間を求めることができる。並列圧電共振子 6 7 を所望の共振周波数に合わせるのに必要なイオンミリング時間が  $t_1$ 、直列圧電共振子 6 8 を所望の共振周波数に合わせるのに必要なイオンミリング時間が  $t_2$  として求められたとする。

## 【 0 1 1 9 】

まず、上面全体を時間  $t_1$  だけイオンミリングすることにより、上部電極 6 2 a が上部電極 6 2 b よりもエッチングされ、圧電共振子 6 7 が共振周波数が高い側へ移動して所望の周波数となる。このとき、圧電共振子 6 7 の上部電極 6 2 a は、上部電極 6 2 b よりもエッチングが容易であるので、この圧電共振子 6 7 の共振周波数が、圧電共振子 6 8 の共振周波数より大きく移動する。これにより、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整することが出来る。その後、下面全体を時間  $t_2$  だけイオンミリングすることにより、下部電極 6 3 がエッチングされ、圧電フィルタの中心周波数を合わせることができる。

## 【 0 1 2 0 】

本発明は、上記各実施形態として説明したものに限定されるものでなく、例えば次のような変形例や応用例などでも良い。

## 【 0 1 2 1 】

(1) 振動部を構成する圧電薄膜は、AlNを主成分とする圧電薄膜で構成しても良い。また、その圧電薄膜は、複数層積層するように成膜されたものでも良い。

## 【 0 1 2 2 】

(2) 圧電体を上部電極と下部電極とで対向するように挟んで構成される振動部からなる圧電共振子が、1つの基板に対して3個以上形成される圧電フィルタでも良い。また、圧電フィルタに変えて、複数の圧電共振子を用いて構成される複合圧電共振器において、複数の圧電共振子の上部電極の材料をエッチングの進行速度が異なる材料で構成したり、特定の圧電共振子の上部電極上に上部電極の材料とはエッチングの進行速度が異なる材料からなる付加膜を形成するなどして、特定の圧電共振子の共振周波数を調整するようにしても良い。

## 【 0 1 2 3 】

(3) 図21を参照して、本発明に係る圧電フィルタの他の実施形態について説明する。この実施形態は、請求項1に係る圧電フィルタの一例である。この実施形態は、請求項1，20に係る圧電フィルタ、および圧電フィルタの周波数調整方法の一例である。

## 【 0 1 2 4 】

この圧電フィルタは、基板71と、基板71の開口部76上に形成された並列圧電共振子77と直列圧電共振子78とを有する。詳述すると、71は、異方性エッチング可能なシリコン基板、72は、酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)による薄膜、73は、酸化亜鉛(ZnO)を主成分として少なくとも一層以上有する薄膜部としての圧電薄膜、74a，74bは、アルミニウム(Al)などによる下部電極、75a，75bは、上部電極である。上部電極75aは、アルミニウム(Al)により成膜されたものである。上部電極75bは、金(Au)により成膜されたものである。したがって、上部電極75bは上部電極75aよりも同一条件でエッチングの進行され易いものとなっている。それぞれの上部電極75a，75bは、それぞれに対応する所定膜厚で成膜される。

## 【 0 1 2 5 】



下部電極 7 4 a、圧電薄膜 7 3、上部電極 7 5 a により構成される振動部と、下部電極 7 4 b、圧電薄膜 7 3、上部電極 7 5 b により構成される振動部とのそれぞれが、ダイヤフラム 7 9 上で並列圧電共振子 7 7、直列圧電共振 7 8 を構成している。

## 【 0 1 2 6 】

次に、この圧電フィルタの周波数調整について説明する。直列圧電共振子 7 8 についてその肉厚を減じる加工が施されることによって、その直列圧電共振子 7 8 の共振周波数を高周波側にシフトさせ、直列圧電共振子 7 8 の共振周波数と並列圧電共振子 7 7 の共振周波数との差を変化させることで、所望の通過帯域幅が得られるように調整する。この調整では、高周波ネットワークアナライザなどの測定装置を用いもよい。この場合、並列圧電共振子 7 7、直列圧電共振子 7 8 からなるラダーフィルタの中心周波数と通過帯域幅等が該高周波ネットワークアナライザで測定される。

## 【 0 1 2 7 】

この測定結果に基づいて、通過帯域幅について圧電フィルタに要求される所望の通過帯域幅の値とのずれ量が得られる。予め実験により求めておいたアルゴン (Ar) 雰囲気におけるエッチングとしてのイオンミリング時間と良品の圧電フィルタにおける通過帯域幅の減少量との関係から、所望の通過帯域幅に周波数調整を行うの必要なイオンミリング時間  $t_1$  が計算できる。なお、このアルゴン雰囲気中におけるイオンミリングレートの具体的数値を以下に示す。アルミニウムは、2.0 (nm/min) である。金は、10.0 (nm/min) である。

## 【 0 1 2 8 】

その計算結果に基づいて、前記圧電フィルタをイオンミリング装置に導入して、アルゴン雰囲気において表面を時間  $t_1$  だけエッチングする。このエッチングにより、上部電極 7 5 a、7 5 b のうち、上部電極 7 5 a よりも上部電極 7 5 b の方がエッチングされやすくなっているから、上部電極 7 5 b の薄膜化が促進され、直列圧電共振子 7 8 の共振周波数が高くなる側にシフトされるよう調整され、直列圧電共振子 7 8 の共振周波数と並列圧電共振子 7 7 の共振周波数との差を変化させることで、所望の通過帯域幅が得られるように調整する。この後、開口

部 7 6 の方向より、薄膜 7 2 をエッチングして薄くしたり、調整膜を付加することで、圧電フィルタ全体の周波数を調整する。

#### 【 0 1 2 9 】

以上のように、本実施の形態では、ラダー型の圧電フィルタにおいて、直列圧電共振子の上部電極と並列圧電共振子の上部電極を、同一条件でのエッチングの進行が異なる材料で形成することで、直列圧電共振子と並列圧電共振子のエッチングによる周波数の変化の大きさに差が出るようにする。このようにすることで、マスクなどを用いることなく、上部電極に対するエッチングによって、直列圧電共振子と並列圧電共振子の共振周波数の差を調整し、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整することが出来る。特に、開口部を有する基板を用い、開口部上に圧電共振子の振動部を形成してなる圧電フィルタにおいては、上部電極に対するエッチングによって、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整した後、開口部の方向より、開口部を塞ぐように形成された薄膜に対するエッチング又は調整膜の付加によって、圧電フィルタ全体の調整を行なうことが出来る。

#### 【 0 1 3 0 】

なお、この（３）の場合、各圧電共振子によって圧電フィルタが構成されるものを示したが、各圧電共振子が互いに電氣的に接続されるものでなく、複数の圧電共振子が同一基板上に形成される複合圧電共振器としても良い。

#### 【 0 1 3 1 】

（４）図 2 2 を参照して、本発明に係る圧電フィルタの他の実施形態について説明する。この実施形態は、請求項 3， 2 2 に係る圧電フィルタ、および圧電フィルタの周波数調整方法の一例である。

#### 【 0 1 3 2 】

この圧電フィルタは、基板 8 1 と、基板 8 1 の開口部 8 6 上に形成された並列圧電共振子 8 7 と直列圧電共振子 8 8 の 2 つの振動部とを有する。詳述すると、8 1 は、異方性エッチング可能なシリコン基板、8 2 は、酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）による薄膜、8 3 は、酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）を主成分として少なくとも一層以上有する薄膜部としての圧電薄膜、8 4 a， 8 4 b は、アルミニウム（ $\text{Al}$ ）などによる下部電極、8 5 は、同じくアルミニウム（ $\text{Al}$ ）などによる上部電極である

。上部電極 8 5 は、アルミニウム (A l) により成膜されたものである。また、上部電極 8 5 は、並列圧電共振子 8 7 と直列圧電共振子 8 8 の 2 つの振動部に共通するよう、各下部電極 8 4 a, 8 4 b と厚み方向で対向する状態に成膜されている。さらに、上部電極 8 5 上に、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ あるいは $\text{Al}_2\text{O}_3$ などから成る保護膜 9 0 が積層状態に成膜されている。下部電極 8 4 a と厚み方向で対向する状態で、保護膜 9 0 上に付加電極 9 1 が成膜されている。この付加電極 9 1 は、金 (A u) などにより成膜されたものである。保護膜 9 0 は、絶縁性であり、付加電極 9 1 と上部電極 8 5 とは電氣的に導通されていない。そして、保護膜 9 0 と付加電極 9 1 とは、同一条件でのエッチングレートが異なるものとなっている。また、保護膜 9 0 と付加電極 9 1 とは所定厚みで成膜されている。

## 【 0 1 3 3 】

ここで、下部電極 8 4 a、圧電薄膜 8 3、上部電極 8 5、保護膜 9 0 により構成される振動部と、下部電極 8 4 b、圧電薄膜 8 3、上部電極 8 5、保護膜 9 0、付加電極 9 1 により構成される振動部とのそれぞれが、ダイヤフラム 8 9 上で並列圧電共振子 8 7、直列電共振子 8 8 を構成している。

## 【 0 1 3 4 】

次に、この圧電フィルタの周波数調整について説明する。並列圧電共振子 8 7 についてその肉厚を減じる加工が施されることによって、その並列圧電共振子 8 7 の共振周波数を直列圧電共振子 8 8 の直列共振周波数に近づけるように調整する。この調整では、高周波ネットワークアナライザなどの測定装置を用いてもよい。この場合、並列圧電共振子 8 7、直列圧電共振子 8 8 から成るフィルタの中心周波数と通過帯域幅等が該高周波ネットワークアナライザで測定される。

## 【 0 1 3 5 】

この測定結果に基づいて、通過帯域幅について圧電フィルタに要求される所望の通過帯域幅の値とのずれ量が得られる。予め実験により求めておいたアルゴン (A r) 雰囲気におけるエッチングとしてのイオンミリング時間と良品の圧電フィルタにおける通過帯域幅の減少量との関係から、所望の通過帯域幅に周波数調整を行うの必要なイオンミリング時間  $t_1$  が計算できる。

## 【 0 1 3 6 】

その計算結果に基づいて、前記圧電フィルタをイオンミリング装置に導入して、アルゴン雰囲気において表面を時間  $t_1$  だけエッチングする。このエッチングにより、付加電極 9 1 と保護膜 9 0 のうち、保護膜 9 0 よりも付加電極 9 1 の方がエッチングされやすくなっているから、付加電極 9 1 の薄膜化が促進され、並列圧電共振子 8 7 の共振周波数が高くなる側にシフトされるよう調整される。このようにして、直列圧電共振子 8 8 の共振周波数と並列圧電共振子 8 7 の共振周波数との差を変化させることで、所望の通過帯域幅が得られるように調整する。この後、開口部 8 6 の方向より、薄膜 8 2 をエッチングして薄くしたり、調整膜を付加することで、圧電フィルタ全体の周波数を調整する。

## 【 0 1 3 7 】

以上のように、本実施の形態では、ラダー型の圧電フィルタにおいて、直列圧電共振子と並列圧電共振子の双方の振動部が保護膜で覆われていると共に、直列圧電共振子と並列圧電共振子の一方の上部電極上に、保護膜を介して保護膜と同一条件でのエッチングレートが異なる付加電極を形成することで、直列圧電共振子と並列圧電共振子のエッチングによる周波数の変化の大きさに差が出るようにする。このようにすることで、マスクなどを用いることなく、保護膜及び付加電極に対するエッチングによって、直列圧電共振子と並列圧電共振子の共振周波数の差を調整し、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整することが出来る。特に、開口部を有する基板を用い、開口部上に圧電共振子の振動部を形成してなる圧電フィルタにおいては、上部電極に対するエッチングによって、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整した後に、開口部の方向より、開口部を塞ぐように形成された薄膜に対するエッチング又は調整膜の付加によって、圧電フィルタ全体の調整を行なうことが出来る。

## 【 0 1 3 8 】

(5) 基板に振動空間としての基板に上下に貫通する貫通孔からなる開口部が設けられるとともに、振動部を形成するためのダイヤフラムが開口部を覆うように設けられた構成の圧電フィルタとは別の実施形態として、基板表面に有底の凹みを形成して凹部とし、その凹部上に圧電共振子を形成した圧電フィルタでもよい。

## 【 0 1 3 9 】

具体的には、図 2 3 を参照して、本発明に係る圧電フィルタの他の実施形態について説明する。

## 【 0 1 4 0 】

この圧電フィルタは、基板 1 0 1 と、基板 1 0 1 の上面側に設けられた有底の凹部 1 0 6 上に形成された並列圧電共振子 1 0 7 と直列圧電共振子 1 0 8 の 2 つの振動部とを有する。詳述すると、1 0 1 は、異方性エッチング可能なシリコン基板、1 0 2 は、酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ ) による絶縁薄膜、1 0 3 は、酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}$ ) を主成分として少なくとも一層以上有する薄膜部としての圧電薄膜、1 0 4 は、アルミニウム ( $\text{Al}$ ) などによる下部電極、1 0 5 a, 1 0 5 b は、上部電極である。上部電極 1 0 5 a は、アルミニウム ( $\text{Al}$ ) により成膜されたものである。上部電極 1 0 5 b は、金 ( $\text{Au}$ ) により成膜されたものである。したがって、上部電極 1 0 5 b は上部電極 1 0 5 a よりも同一条件でエッチングの進行され易いものとなっている。それぞれの上部電極 1 0 5 a, 1 0 5 b は、それぞれに対応する所定膜厚で成膜される。

## 【 0 1 4 1 】

下部電極 1 0 4、圧電薄膜 1 0 3、上部電極 1 0 5 a により構成される振動部と、下部電極 1 0 4、圧電薄膜 1 0 3、上部電極 1 0 5 b により構成される振動部とのそれぞれが、で並列圧電共振子 1 0 7、直列圧電共振子 1 0 8 を構成している。

## 【 0 1 4 2 】

次に、この圧電フィルタの周波数調整について説明する。直列圧電共振子 1 0 8 についてその肉厚を減じる加工が施されることによって、その直列圧電共振子 1 0 8 の共振周波数を高周波側にシフトさせ、直列圧電共振子 1 0 8 の共振周波数と並列圧電共振子 1 0 7 の共振周波数との差を変化させることで、所望の通過帯域幅が得られるように調整する。この調整では、高周波ネットワークアナライザなどの測定装置を用いもよい。この場合、並列圧電共振子 1 0 7、直列圧電共振子 1 0 8 よりなるフィルタの中心周波数と通過帯域幅等が該高周波ネットワークアナライザで測定される。

## 【 0 1 4 3 】

この測定結果に基づいて、通過帯域幅について圧電フィルタに要求される所望の通過帯域幅の値とのずれ量が得られる。予め実験により求めておいたアルゴン（Ar）雰囲気におけるエッチングとしてのイオンミリング時間と良品の圧電フィルタにおける通過帯域幅の減少量との関係から、所望の通過帯域幅に周波数調整を行うの必要なイオンミリング時間 $t_1$ が計算できる。なお、このアルゴン雰囲気中におけるイオンミリングレートの具体的数値を以下に示す。アルミニウムは、2.0（nm/min）である。金は、10.0（nm/min）である。

## 【 0 1 4 4 】

その計算結果に基づいて、前記圧電フィルタをイオンミリング装置に導入して、アルゴン雰囲気において表面を時間 $t_1$ だけエッチングする。このエッチングにより、上部電極105a、105bのうち、上部電極105aよりも上部電極105bの方がエッチングされやすくなっているから、上部電極105bの薄膜化が促進され、直列圧電共振子108の共振周波数が高くなる側にシフトされるよう調整され、直列圧電共振子108の共振周波数と並列圧電共振子107の共振周波数との差を変化させることで、所望の通過帯域幅が得られるように調整する。

## 【 0 1 4 5 】

なお、この（5）の場合、各圧電共振子によって圧電フィルタが構成されるものを示したが、各圧電共振子が互いに電氣的に接続されるものでなく、複数の圧電共振子が同一基板上に形成される複合圧電共振器としても良い。

## 【 0 1 4 6 】

（6）特に図示しないが、本発明の請求項8に係るものとして、例えば、以下に説明するものでも良い。

## 【 0 1 4 7 】

タンタル酸リチウム（LiTaO<sub>3</sub>）で形成された薄板状の圧電体からなる圧電性基板の上面にそれぞれ所定位置に成膜された金属膜からなる2つの上部電極を設け、この圧電性基板の下面に各上部電極と圧電性基板を挟んで厚み方向で対向する下部電極を設けている。そして、各対向する上部電極、下部電極及びそれ

ら電極で挟まれた圧電性基板の部分からなる振動部を有する圧電共振子が構成されている。両圧電共振子の振動部の少なくとも上部電極全体および両振動部間の圧電性基板の上面一部を含む状態で、アルミニウム（Al）などによる保護膜が成膜されている。さらに、一方の上部電極の保護膜表面に積層される状態で金（Au）などによる付加電極が成膜されている。保護膜は導電性であり、付加電極と上部電極とは保護膜を介して電氣的に導通されている。そして、保護膜と付加電極とは、同一条件でのエッチングレートが異なるものとなっている。また、保護膜と付加電極とは所定厚みで成膜されている。なお、圧電性基板は、例えば、ニオブ酸リチウム（ $\text{LiNbO}_3$ ）、水晶などが用いられても良い。

## 【0148】

この場合も、上記各圧電フィルタの実施形態と同様に、振動部に対する周波数調整を行うことができる。

## 【0149】

## 【発明の効果】

本発明に係る圧電フィルタによれば、複数の圧電共振子の各振動部を同時にエッチングするときにそれぞれにおいて薄肉化の度合いも異なることになるので、特定の圧電共振子を選択的に周波数調整できる。また、各振動部に対する所望の周波数調整がそのエッチングのときに一括的に行える。特に、基板の裏面に開口部を有する構成の場合、裏面から振動部を薄くするよう削ったり、あるいは裏面において振動に膜を付加することで、圧電フィルタ全体としての周波数調整もできる。

## 【0150】

特に、本発明に係るラダー型の圧電フィルタにおいては、直列圧電共振子と並列圧電共振子の一方の上部電極上に、同一条件でのエッチングの進行が上部電極材料よりも小さいエッチング抑制膜を形成する。つまり、直列圧電共振子と並列圧電共振子のエッチングによる周波数の変化の大きさに差が出るようにする。このようにすることで、マスクなどを用いることなく、上部電極に対するエッチングによって、直列圧電共振子と並列圧電共振子の共振周波数の差を調整し、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整することが出来る。特に、開口部を有す

る基板を用い、開口部上に圧電共振子の振動部を形成してなる圧電フィルタにおいては、上部電極に対するエッチングによって、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整した後に、開口部の方向より、開口部を塞ぐように形成された薄膜に対するエッチング又は調整膜の付加によって、圧電フィルタ全体の調整を行なうことが出来る。

## 【 0 1 5 1 】

また、本発明に係るラダー型の圧電フィルタにおいて、直列圧電共振子の上部電極と並列圧電共振子の上部電極を、同一条件でのエッチングの進行が異なる材料で形成する。つまり、直列圧電共振子と並列圧電共振子のエッチングによる周波数の変化の大きさに差が出るようにする。このようにすることで、マスクなどを用いることなく、上部電極に対するエッチングによって、直列圧電共振子と並列圧電共振子の共振周波数の差を調整し、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整することが出来る。特に、開口部を有する基板を用い、開口部上に圧電共振子の振動部を形成してなる圧電フィルタにおいては、上部電極に対するエッチングによって、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整した後に、開口部の方向より、開口部を塞ぐように形成された薄膜に対するエッチング又は調整膜の付加によって、圧電フィルタ全体の調整を行なうことが出来る。

## 【 0 1 5 2 】

また、本発明に係るラダー型の圧電フィルタにおいて、直列圧電共振子と並列圧電共振子の双方の振動部が保護膜で覆われていると共に、直列圧電共振子と並列圧電共振子の一方の上部電極上に、保護膜を介して保護膜と同一条件でのエッチングレートが異なる付加電極を形成する。つまり、直列圧電共振子と並列圧電共振子のエッチングによる周波数の変化の大きさに差が出るようにする。このようにすることで、マスクなどを用いることなく、保護膜及び付加電極に対するエッチングによって、直列圧電共振子と並列圧電共振子の共振周波数の差を調整し、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整することが出来る。特に、開口部を有する基板を用い、開口部上に圧電共振子の振動部を形成してなる圧電フィルタにおいては、上部電極に対するエッチングによって、圧電フィルタの通過帯域幅を所望の値に調整した後に、開口部の方向より、開口部を塞ぐように形成され



た薄膜に対するエッチング又は調整膜の付加によって、圧電フィルタ全体の調整を行なうことが出来る。

【 0 1 5 3 】

また、圧電性基板を上部電極と下部電極とが対向するように挟んで振動部を複数有する構成の圧電共振子では、上部、下部電極共にその最も外側の表面の材料をエッチングの難易度が異なるものに設定して振動部に対する肉厚調整を行えるようにすることで、上部電極へのエッチングで特定の振動部、または特定のグループの振動部に対する周波数調整を行え、また下部電極へのエッチングで他の振動部、または他の特定のグループの振動部に対する周波数調整を行うことができる。この場合、下部電極が共通化されていると、その下部電極に対する膜厚調整を行うことによって、特定の振動部と、その特定の振動部の他の振動部とを一括して周波数調整することができる。

【 0 1 5 4 】

したがって、周波数調整作業の効率化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 本発明に係る圧電フィルタの一実施形態を示す平面図
- 【図 2】 図 1 に示される圧電フィルタの A - A ' 線に沿う断面図
- 【図 3】 図 1 に示される圧電フィルタの回路図
- 【図 4】 図 1 に示される圧電フィルタの製造過程を示す縦断面側面図
- 【図 5】 図 4 に引き続く圧電フィルタの製造過程を示す縦断面側面図
- 【図 6】 図 5 に引き続く圧電フィルタの一製造過程で、一つの振動部の周波数調整をした後の状態を示す縦断面側面図
- 【図 7】 本発明に係る圧電フィルタの別の実施形態を示す縦断面側面図
- 【図 8】 図 7 に示される圧電フィルタの平面図 ( a ) と、下面図 ( b )
- 【図 9】 図 7 に示される圧電フィルタの回路図
- 【図 1 0】 図 7 に示される圧電フィルタの製造過程を示す縦断面側面図
- 【図 1 1】 本発明に係る圧電フィルタの別の実施形態を示す縦断面側面図
- 【図 1 2】 図 1 1 に示される圧電フィルタの平面図 ( a ) と、下面図 ( b )
- 【図 1 3】 図 1 1 に示される圧電フィルタの製造過程を示す縦断面側面図

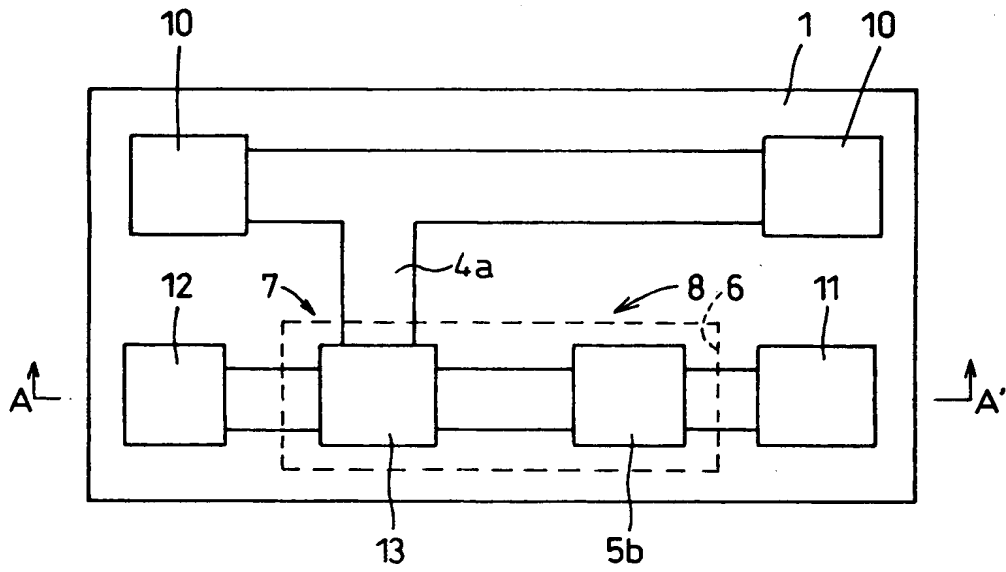
- 【図 1 4】 本発明に係る圧電フィルタの別の実施形態を示す縦断面側面図
- 【図 1 5】 図 1 4 に示される圧電フィルタの平面図（a）と、下面図（b）
- 【図 1 6】 図 1 4 に示される圧電フィルタの製造過程を示す縦断面側面図
- 【図 1 7】 本発明に係るデュプレクサを示す概略説明図
- 【図 1 8】 本発明に係る通信装置の一例を示す概略説明図
- 【図 1 9】 本発明に係る圧電フィルタの別の実施形態を示す縦断面側面図
- 【図 2 0】 図 1 9 に示される圧電フィルタの平面図（a）と、下面図（b）
- 【図 2 1】 本発明に係る圧電フィルタの別の実施形態を示す縦断面側面図
- 【図 2 2】 本発明に係る圧電フィルタの別の実施形態を示す縦断面側面図
- 【図 2 3】 本発明に係る圧電フィルタの別の実施形態を示す縦断面側面図
- 【図 2 4】 本発明に係る圧電フィルタの別の実施形態を示す縦断面側面図

【符号の説明】

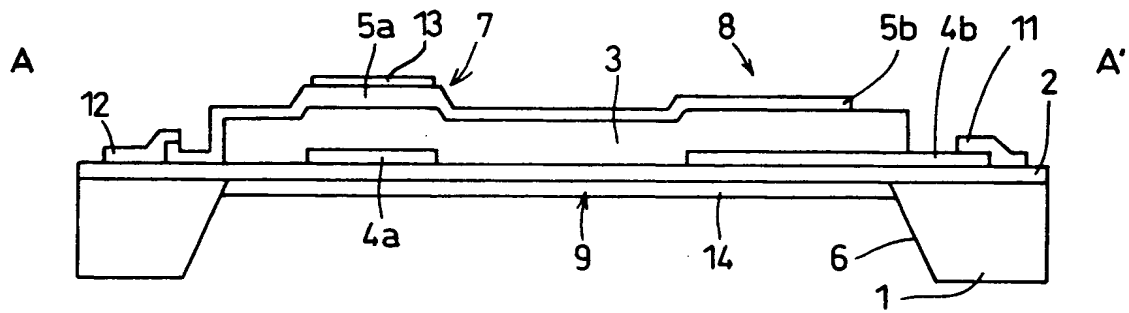
- 1      基板
- 3      圧電薄膜（圧電体）
- 4 a, 4 b      下部電極
- 5 a, 5 b      上部電極
- 7, 8      振動部
- 1 3      付加膜

【書類名】 図面

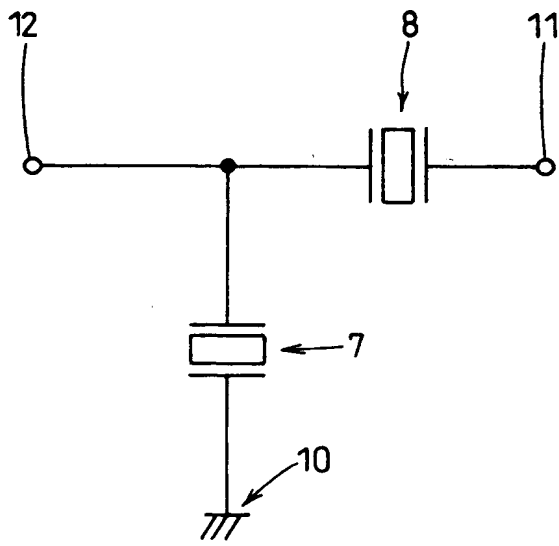
【図 1】



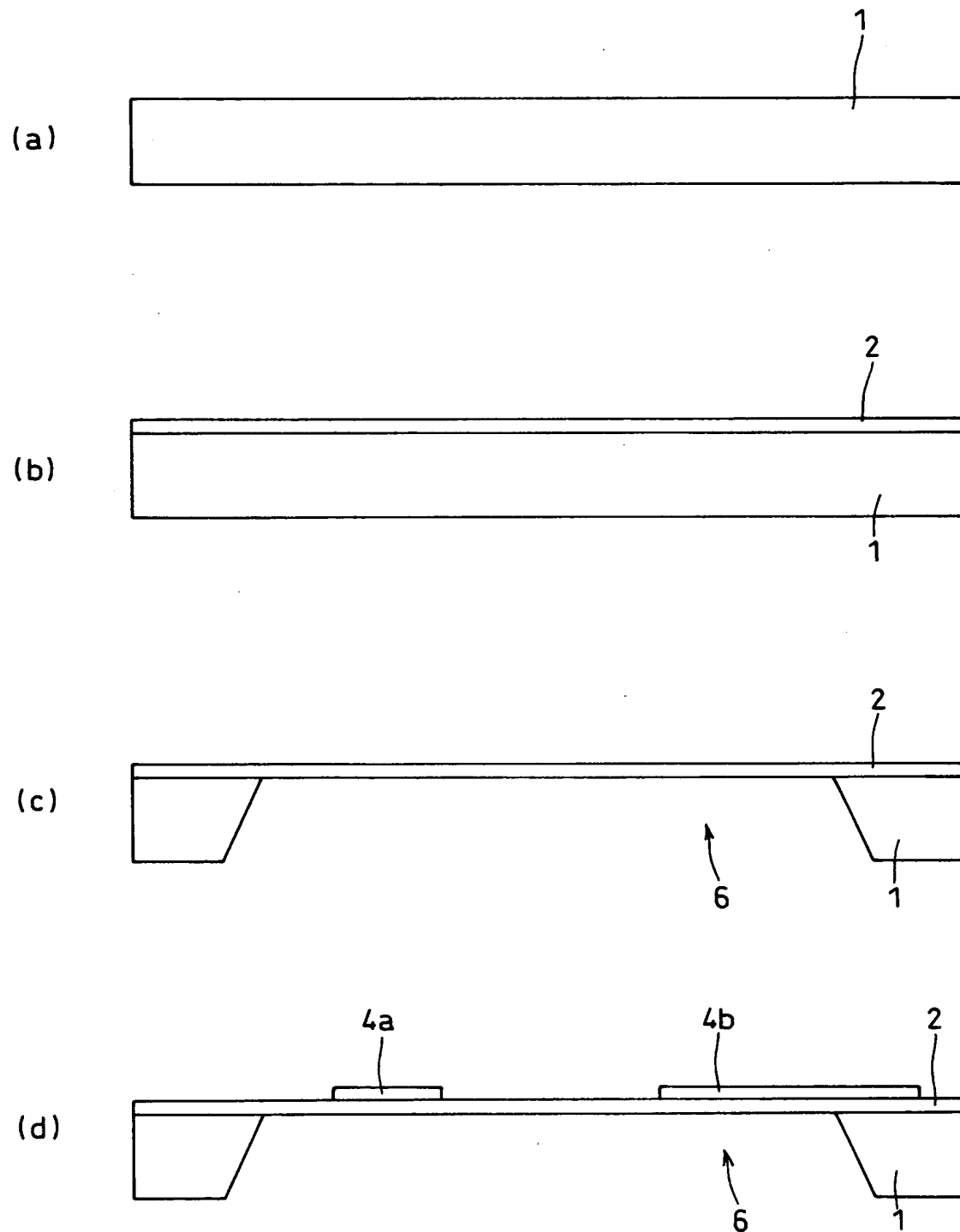
【図 2】



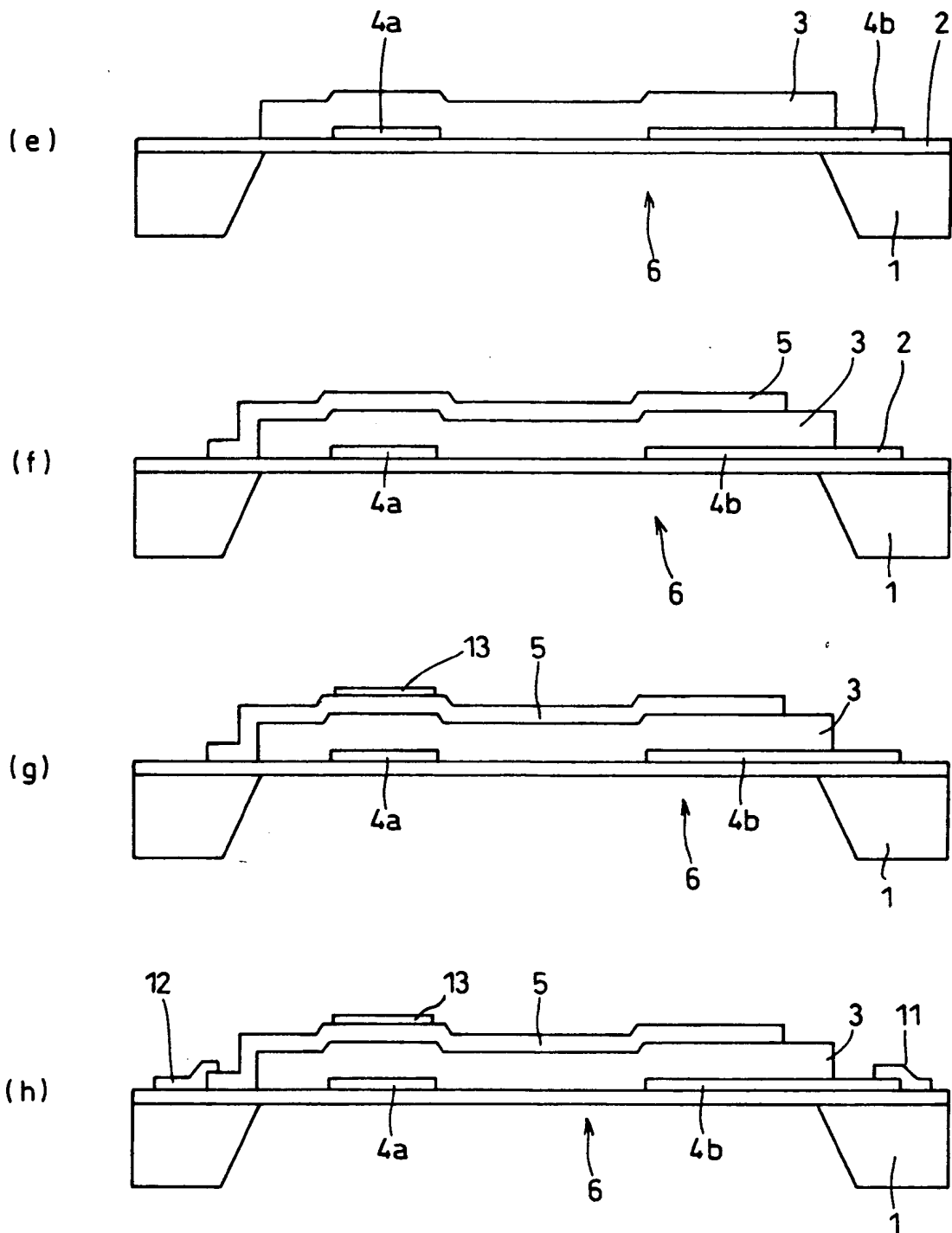
【図 3】



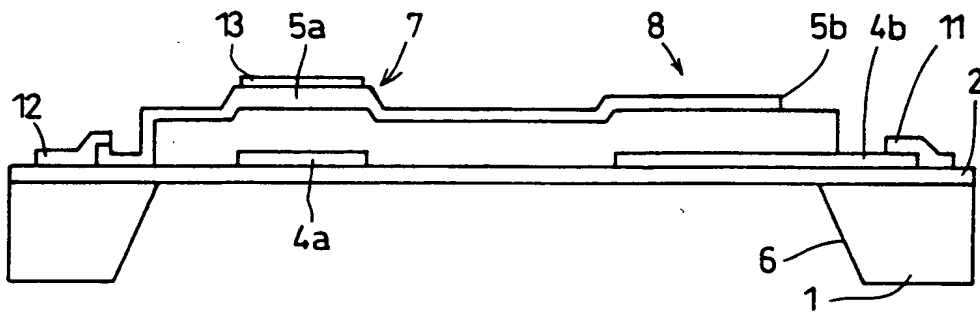
【図 4】



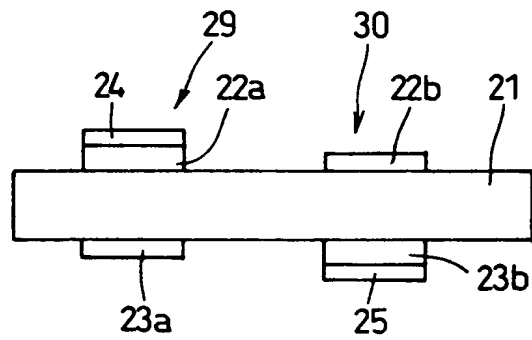
【図 5】



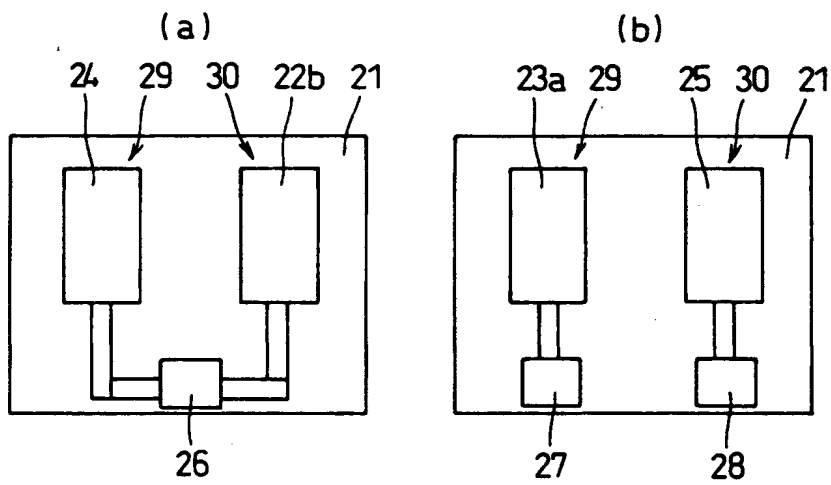
【図 6】



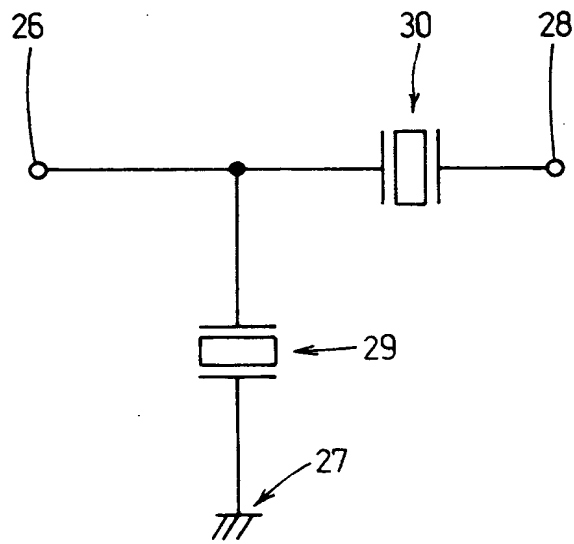
【図 7】



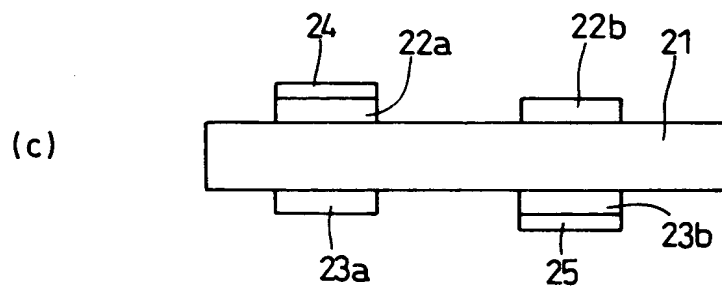
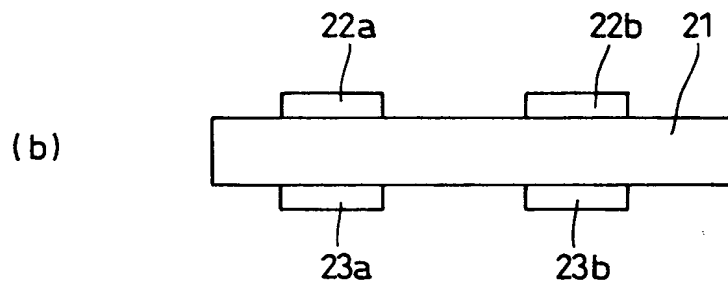
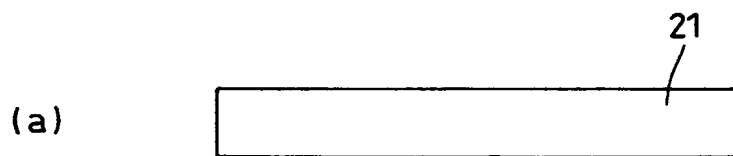
【図 8】



【図 9】

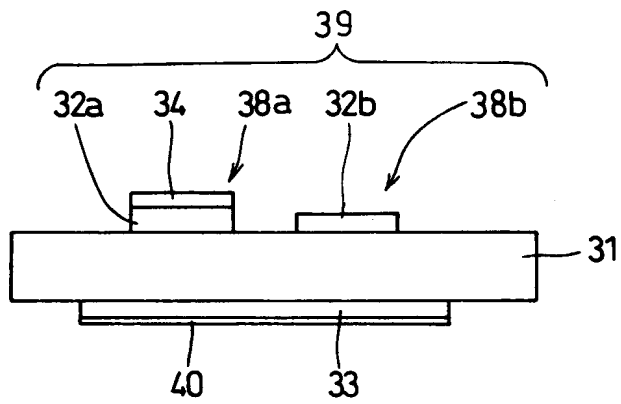


【図 1 0】

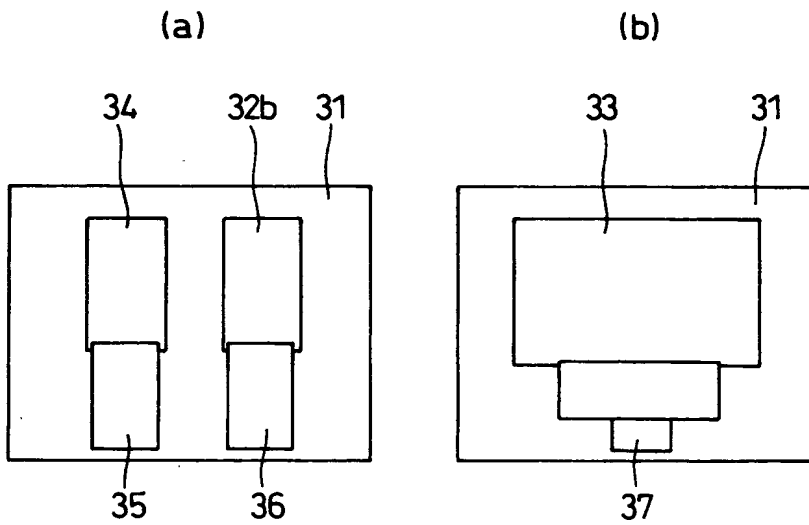




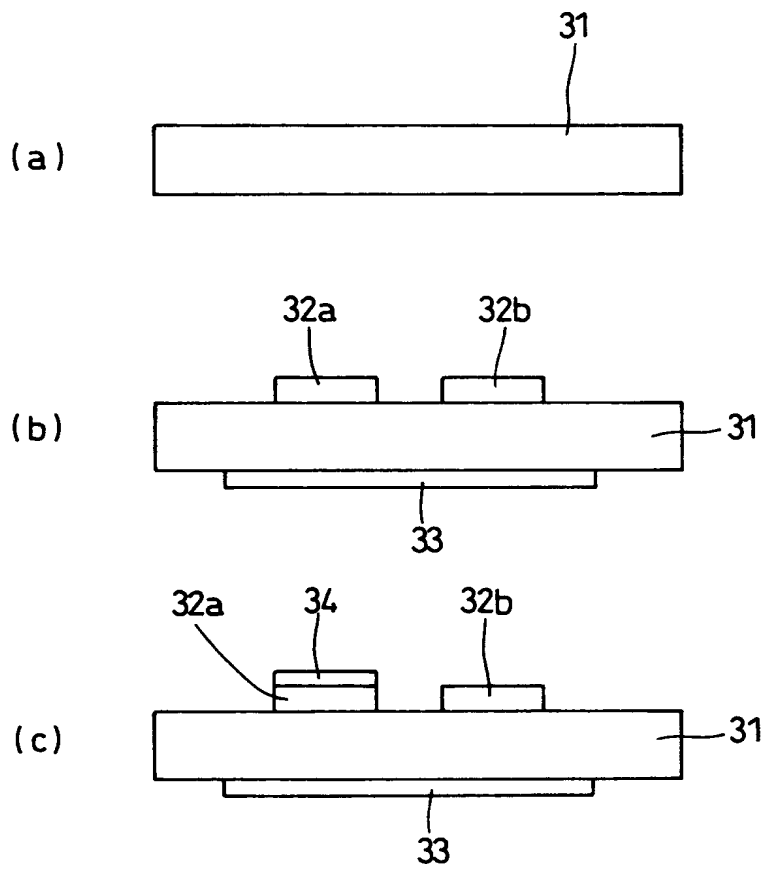
【図 1 1】



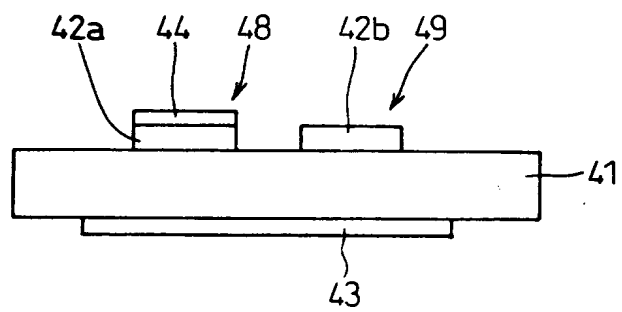
【図 1 2】



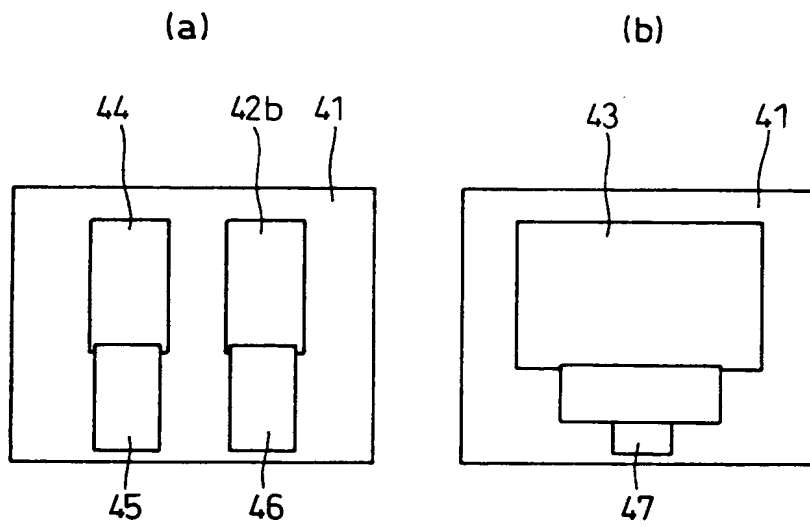
【図 1 3】



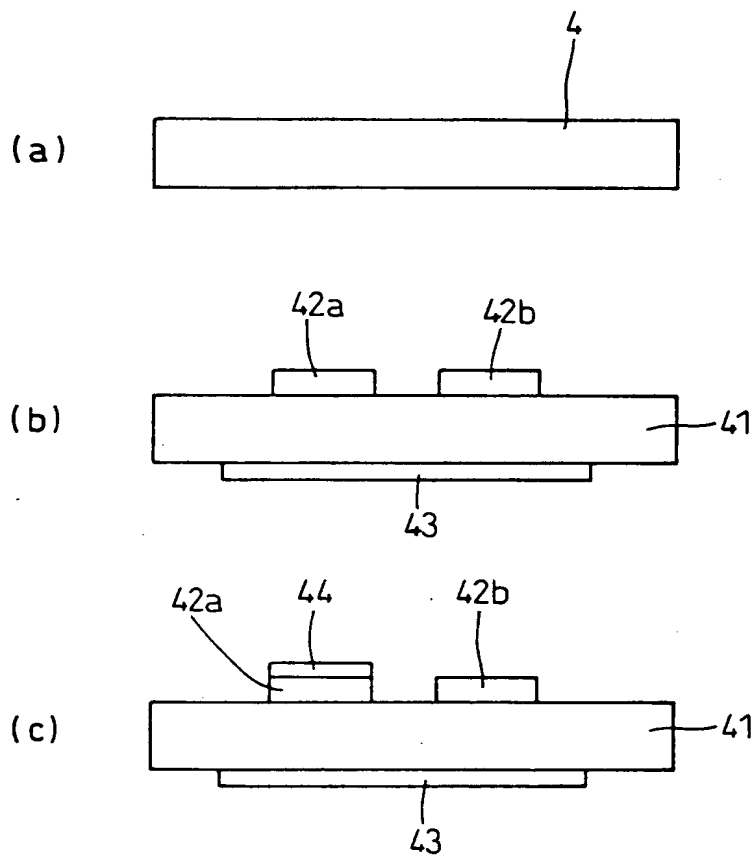
【図 1 4】



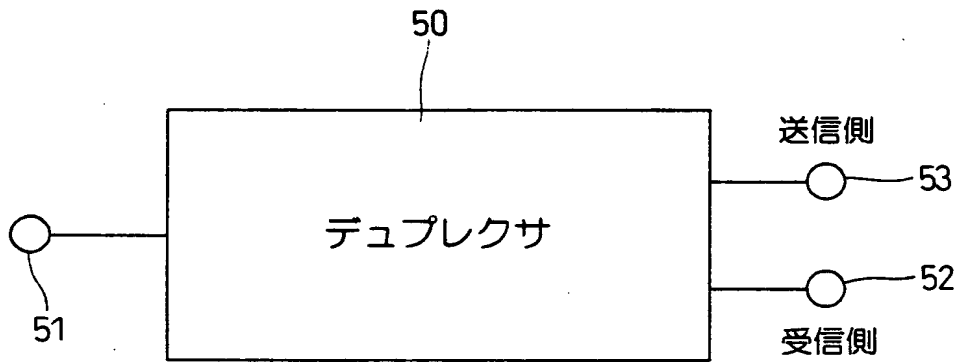
【図 15】



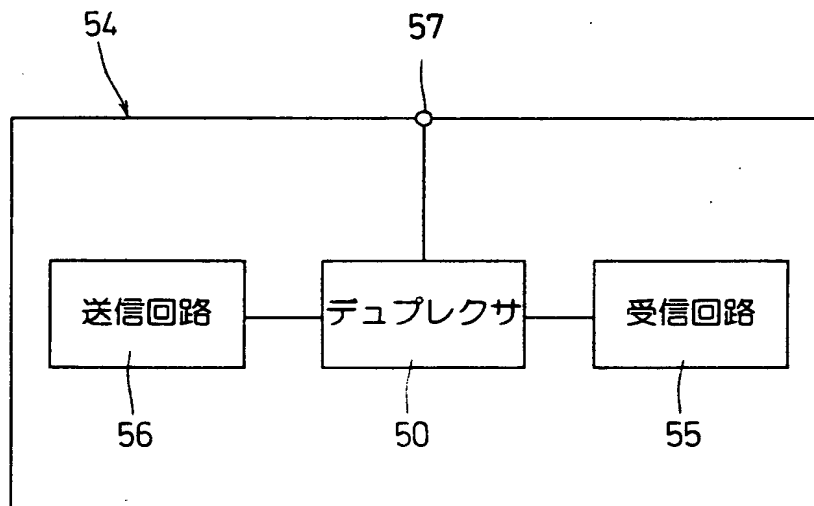
【図 16】



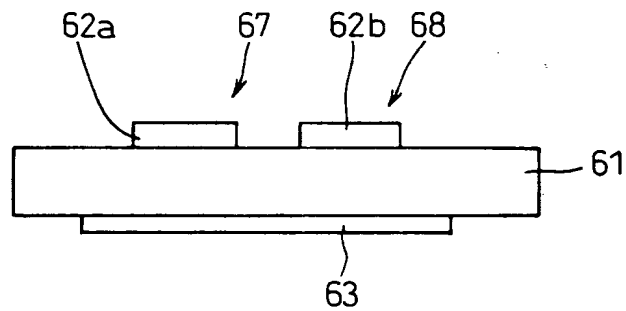
【図 17】



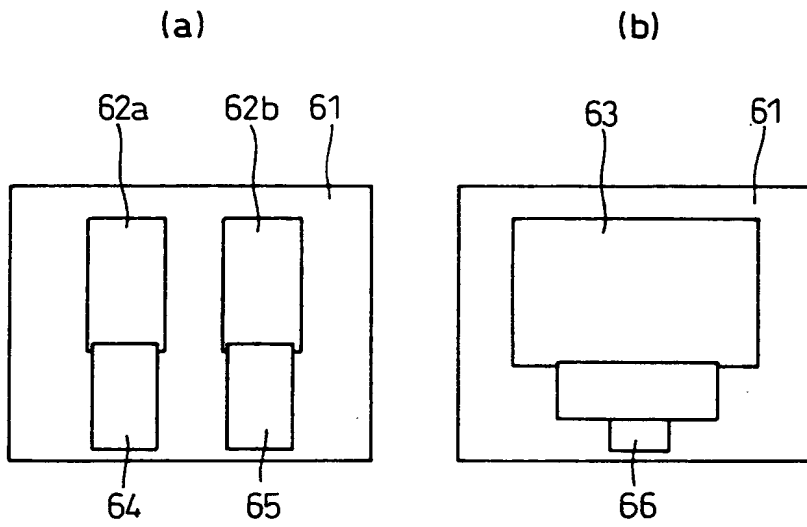
【図 18】



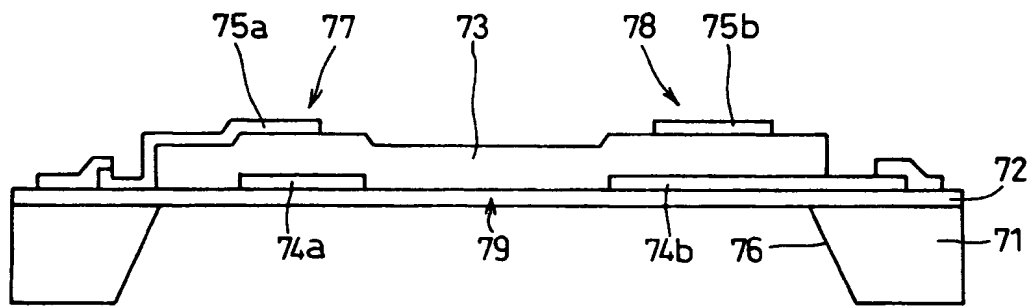
【図 19】



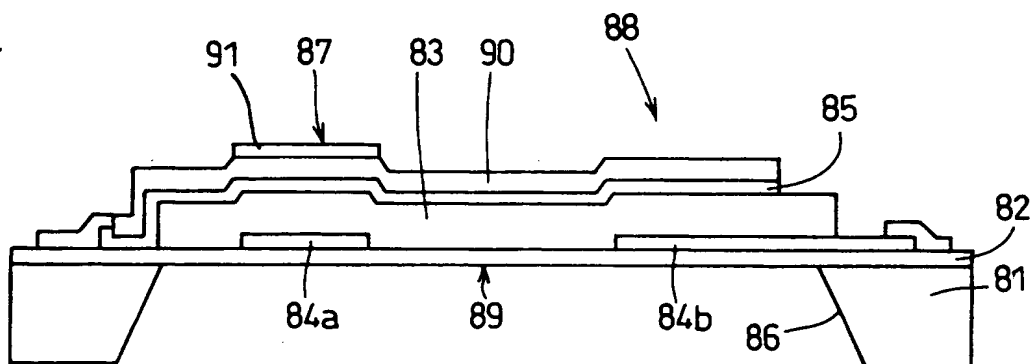
【図 20】



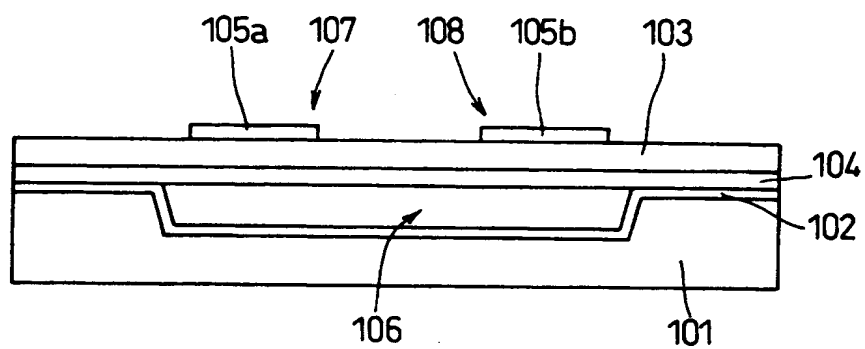
【図 21】



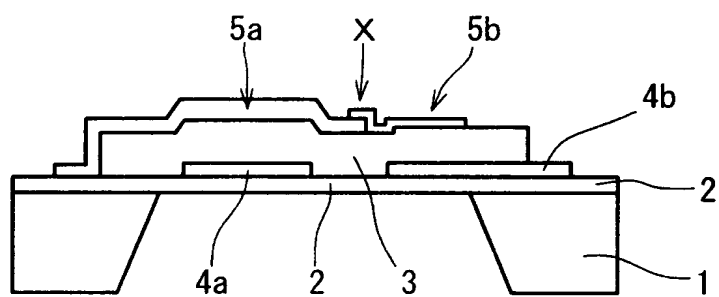
【図 22】



【図 2 3】



【図 2 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 周波数調整の精度を高めるとともに、その調整作業の効率性向上を図ることのできる圧電フィルタ等を提供する。

【解決手段】 基板 1 と、前記基板 1 に形成されている、少なくとも 1 層以上の圧電薄膜を有する薄膜部 3 の上下面を少なくとも一对の上部電極 5 a, 5 b 及び下部電極 4 a, 4 b を対向させて挟む構造の振動部 7, 8 を有する圧電共振子を複数備える圧電フィルタにおいて、所定の圧電共振子 7 の上部電極 5 a が、他の圧電共振子 8 の上部電極 5 b とはエッチングの難易度が異なる材料からなる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006231]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号  
氏 名 株式会社村田製作所